The Department of Public Instruction, Bombay.

# SCIENCE PRIMERS

IN

# MARATHI.



## INTRODUCTORY

TRANSLATED FROM THE ORIGINAL WORK

OF

**Professor Huxley, F. R. S.**

BY

BALAJI PRABHAKAR MODAK,

LECTURER IN PHYSICAL SCIENCES, RAJARAM COLLEGE,

KOLHAPUR.

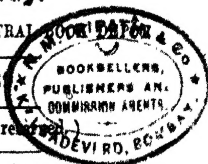
1,000—Copies.



Bombay.

GOVERNMENT CENTRAL BOOK DEPÔT.

188






*Price 12 Annas.*

BOMBAY:

Printed at the "Nirnaya-sagara" press.

मुंबई इलाख्यांतील सरकारी विद्याशाळाखातें.

# अनेक विद्याविषयक
# बालशिक्षा ग्रंथमाला.



ग्रंथ ९.



# उपोद्घात.

प्रोफेसर हक्स्ले, एफ्. आर्. एस्.

ह्यांनीं केलेल्या

इंग्रजी पुस्तकाचें हें मराठी भाषांतर

**बाळाजी प्रभाकर मोडक,**

कोल्हापूर येथील राजाराम कॉलेजांतील पदार्थविज्ञानशास्त्राचे

अध्यापक यांणीं तयार केलें.

आवृत्ति पहिली—१००० प्रति.



मुंबई.

गवर्नमेंट सेंत्रल बुकदिपो.

इसवी सन १८८९.



किंमत १२ आणे.

मुंबईमध्यें,
"निर्णयसागर" छापखान्यांत छापिला.

# अनुक्रमणिका.

## (१) सृष्टि आणि शास्त्र.

## (२) जड वस्तु.

### (अ.) खनिज पदार्थ.

## ( २ ) अमूर्त किंवा अदेही पदार्थ.

# अनेक विद्याविषयक बालशिक्षा ग्रंथमाला.

## उपोद्धात.

### (१) सृष्टि आणि शास्त्र.

**१. वस्तु व त्यांचें प्रत्यक्ष ज्ञान.**

ज्या जगांत आपण राहतों त्याचे आपण अंशभूत आहों. आपण जागे असतों तेव्हां यांतील वस्तूंविषयीं आपल्या इंद्रियांच्या योगानें आपणास सर्वकाळ कांहींना कांहीं ज्ञान होत असतें. आपणास एकसारखा कशाचा तरी स्पर्श होत असतो, किंवा कांहीं तरीं ऐकूं येतें, किंवा कशाचा तरी वास येत असतो, आणि आंधेरांत नसलों तर आपणास कांहीं तरी दिसतें; मधून मधून कशाची तरी आपण चव घेतों. या रीतीनें जें आपणास ज्ञान होतें त्यास आपण इंद्रियबोध किंवा प्रत्यक्ष ज्ञान असें ह्मणतों.

याप्रमाणें इंद्रियांच्या योगानें आपणास कांहीं तरी ज्ञान झालें ह्मणजे साधारणपणें आपण असें ह्मणतों कीं, आपणास कशाचा तरी स्पर्श झाला, कांहीं तरी ऐकूं आलें, कशाचा तरी वास आला, आपण कांहीं तरी पाहिलें, किंवा कशाची तरी चव घेतली. एखादा विशेष प्रकारचा वास आला ह्मणजे आपण ह्मणतों कीं, कांद्याची घाण आली. एका विशेष प्रकारच्या स्वादावरून आपण सांगतों कीं, हा शिताफळांचा स्वाद आहे. अमुक शब्द ऐकिला ह्मणजे गाडी आली; हिरवें कांहीं डोळ्यांपुढें आलें ह्मणजे झाड पाहिलें, असें आपण ह्मणतों. आणि इंद्रियांच्या यो-

गानें ज्यांचें आपणास या रीतीनें ज्ञान होतें त्यांस आपण वस्तु किंवा पदार्थ असें ह्मणतों.

## २. कार्य आणि कारण.

आणखी या सर्व वस्तूंविषयीं आपण असें समजतों कीं, इंद्रियांच्या योगानें जें हें ज्ञान आपणास होतें त्याचीं या सर्व वस्तु कारणें आहेत, आणि जें आपणास ज्ञान होतें तें या कारणांचें (या वस्तूंचें) कार्य किंवा परिणाम आहे. उदाहरणार्थ जेव्हां आपण विशेष प्रकारचा ध्वनि ऐकतों, तेव्हां असें ह्मणतों कीं, रस्त्यावरून गाडी गेल्यानें हा ध्वनि उत्पन्न झाला, किंवा गाडी रस्त्यावरून गेल्याचा हा परिणाम घडला. जेव्हां कांहीं तरी जळल्याचा उग्र वास येतो, तेव्हां आपल्या मनांत असें येतें कीं, कांहीं तरी विस्तवावर पडल्याचा हा परिणाम आहे; आणि वास कोठून येतो व त्याचें कारण काय, तें लक्षपूर्वक इकडे तिकडे आपण पाहूं लागतों. आपण झाड पाहिलें ह्मणजे त्याचें कारण आपल्या डोळ्यांपुढें कांहीं तरी वस्तु किंवा पदार्थ आला, असें समजतों.

## ३. कोणत्याही गोष्टीचें कारण सांगणें, किंवा तिला व्यक्त करणें ह्मणजे तिचा खुलासा करणें.

जळल्याचा वास आल्यावर इकडे तिकडे पाहून खरोखरच कांहीं तरी विस्तवांत पडल्याचें जेव्हां आपणास समजतें, तेव्हां आपण साहजिकच ह्मणतों कीं वास येण्याचें कारण आपण शोधून काढिलें, किंवा तो वास कां आला याचें कारण आपणास समजलें, किंवा वास कशानें आला हें आपण व्यक्त केलें. वास्तव कोणतीही गोष्ट कशी घडली हें समजणें किंवा तें व्यक्त करणें ह्मणजेच त्या गोष्टीचें मूळकारण समजणें होय. परंतु जें एका गोष्टीचें कारण असतें तेंच दुसरीचें कार्य असतें. उदाहरणार्थ

असें समजूं कीं, गवताची काडी धुमसूं लागली, ती जळल्याचा वास येण्यास कारण होती. नंतर आपण असा प्रश्न करितों कीं, ती कशानें जळूं लागली, किंवा जळण्यास कारण काय झालें? कदाचित् आपणास असें आढळतें कीं, पेटलेली आगकाडी गवतावर पडली होती. मग आपण असें ह्मणतों कीं, पेटलेली आगकाडी जळण्याचें कारण होती. परंतु कोणी तरी तिला तेथें टाकिल्याशिवाय ती आगकाडी तेथें जावयाची नाहीं. याचा अर्थ असा कीं, गवतावर काडी पडली ती कोणी तरी तेथें टाकिली असावी; व तो मनुष्य हा परिणाम घडविण्यास कारण झाला. ह्मणून आपण असा प्रश्न करितों कीं, कोणी तरी तेथें काडी कां टाकिली असावी? गफलतीनें किंवा नकळत हें झालें असावें, किंवा कोणी ती काडी मुद्दाम टाकिली असावी? जर मुद्दाम टाकिली असेल तर त्यांत त्याचा हेतु काय असावा? किंवा असा हेतु त्याच्या मनांत येण्यास कोणतें कारण घडलें असावें? याप्रमाणें कारणें शोधूं लागल्यास त्यांचा शेवट कधीं होणार नाहीं. प्रत्येक गोष्टीस कांहीं तरी कारण असावयाचें; ह्मणून याप्रमाणें कारणें शोधूं लागल्यास संपणार नाहींत, हें उघड आहे.

यावरून आपणास असें समजतें कीं, प्रत्येक कार्यास पूर्वीचें कांहीं कारण असतें. ह्मणजे प्रत्येक गोष्ट पूर्वी घडलेल्या गोष्टीचा परिणाम असते, व ती प्रस्तुत गोष्टीचें कारण असते. आणि हें कारण दुसऱ्या कोणत्या तरी गोष्टीचें कार्य असतें. आणि याप्रमाणें कार्यकारणांची मालिका काढीत गेलें तर मनास वाटेल तितकें मागें जातां येईल. कोणत्याही गोष्टीचें कारण समजलें किंवा ती कशानें घडून आली हें कळलें, ह्मणजे ती व्यक्त झाली असें ह्मणतात. जर त्या कारणाचें कारण आपणास काढितां आलें तर ती गोष्ट अधिक व्यक्त झाली, असें ह्मणतात. आणि

याहून आणखीं ज्यास्त कार्यकारणें शोधून काढितां आलीं तर स्पष्टीकरण अधिक चांगलें झालें असें समजतात. परंतु कोणत्याही गोष्टीचें स्पष्टीकरण कधींही पूर्ण व्हावयाचें नाहीं. कारण मनुष्याचें ज्ञान कितीही असलें तरी वस्तूंचीं मूळकारणें शोधींत त्यास फार थोडें मार्गे जातां येतें.

### ४. वस्तूंचे धर्म आणि त्यांच्या शक्ति.

जेव्हां एखाद्या वस्तूपासून एका विशेष प्रकारचा परिणाम नेहमी घडतो, तेव्हां त्या परिणामास कधीं कधीं आपण त्या वस्तूचा **धर्म** व कधीं कधीं तिची **शक्ति** असें ह्मणतों. जसें उग्र घास हा कांद्याचा एक धर्म आहे, असें आपण ह्मणतों. कारण कांदा नाकाजवळ नेला ह्मणजे हा एक विशेष प्रकारचा वास नेहमी येतो. जडपणा हा शिशाच्या आंगीं धर्म आहे असें ह्मणतात. कारण शिसें हातांत घेतलें ह्मणजे तें आपणास नेहमी जड लागतें. पाण्याच्या प्रवाहाच्या आंगीं पाणचक्कीस फिरविण्याची शक्ति आहे, असें ह्मणतात. कारण प्रवाहाच्या जोरानें पाणचक्की फिरते. विषारी सर्पाच्या आंगीं मनुष्याचा प्राण घेण्याची शक्ति आहे असें ह्मणतात. कारण तो चावला ह्मणजे त्यानें मनुष्य बहुतेक मरतें. वास्तव ज्या वस्तूंच्या आंगीं हे धर्म व या शक्ति असतात, त्या वस्तूंपासून हे विशेष परिणाम घडतात.

### ५. कृत्रिम व अकृत्रिम ह्मणजे स्वाभाविक पदार्थ व सृष्टि.

ज्या वस्तूंचें आपणास आपल्या इंद्रियांनीं ज्ञान होतें, त्यांपैकीं पुष्कळ पदार्थ, जसें घरें व त्यांतील सामान आणि गाड्या व यंत्रें, यांस **कृत्रिम वस्तु** किंवा **पदार्थ** असें ह्मणतात. कारण मनुष्याच्या कृतीनें यांस विशेष प्रकारचा आकार मिळालेला असतो. खरोखरच यांस मनुष्यानें केलेले पदार्थ असेंच बहुधा ह्म-

णतात. परंतु याहून पुष्कळ वस्तूंस मनुष्याच्या हस्तकौशल्याची गरज लागलेली नसते, आणि जर मनुष्यप्राणी या जगांत मुळींच नसता, तरीही त्या वस्तु प्रस्तुत आहेत तशाच असत्या. उदाहरणार्थ आकाश आणि ढग; सूर्य, चंद्र आणि तारे; समुद्र, त्यांतील खडक, व त्याचे वालुकामय किनारे; डोंगर व दऱ्या; आणि सर्व रानटी वनस्पति व जनावरें. या जातींच्या पदार्थांस **अकृत्रिम** ह्मणजे **स्वाभाविक** किंवा **सृष्ट पदार्थ** असें ह्मणतात, आणि या सर्वांस मिळून आपण **सृष्टि** हें नांव देतों.

**६. अकृत्रिम ह्मणजे स्वाभाविक वस्तूंस मनुष्यानें नवें रूप किंवा आकार देऊन आणि एकत्र जोडून किंवा विभाग करून कृत्रिम वस्तु बनविलेल्या असतात.**

**अकृत्रिम** आणि **कृत्रिम** वस्तु या दोहोंमध्यें हा भेद सहज करितां येतो, आणि फार सोईचाही आहे. परंतु एकंदरींत सर्व वस्तु सृष्टींतूनच आपणास प्राप्त होतात, हें आपण लक्षांत टेविलें पाहिजे. जे पदार्थ मनुष्यानें केले आहेत, असें आपण साधारणतः ह्मणतों, ते सुद्धां स्वाभाविक पदार्थांस मनुष्याकडून नवें रूप व चलनवलन मिळून बनलेले असतात. उत्पन्न करणें याचा अर्थ जो आपण समजतों—ह्मणजे जी वस्तु सृष्टीत पूर्वी कोणत्याही रूपानें नव्हती अशी वस्तु निर्माण करणें त्या अर्थी,–मनुष्याच्यानें कांहींच निर्माण करवत नाहीं. आणखीं असें आपणास लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, मनुष्यें सृष्टींतील स्वाभाविक किंवा सृष्टपदार्थ असल्यामुळें त्यांच्या आंगीं ज्या शक्ति असतात, त्यांच्या योगानें स्वाभाविक पदार्थांस नवीं रूपें देणें आणि त्यांस एकत्र जोडणें किंवा त्यांचे विभाग करणें इत्यादि क्रिया त्यांस करितां येतात.

सारांश सृष्टीच्या ज्या भागास आपण मनुष्य हें नांव देतों,

त्याचें इतर भागांवर कार्य घडून वस्तुतः सर्व कृत्रिम वस्तु उत्पन्न होतात.

मनुष्यानें पेटी केली असें आपण ह्मणतों. परंतु जोंपर्यंत मनुष्यानें लांकडाच्या निरनिराळ्या तुकड्यांस योग्य आकार देऊन खिळ्यांनीं त्यांस एकत्र जोडिलें आहे, एवढाच आपल्या ह्मणण्याचा अर्थ असतो, तोंपर्यंत हें ह्मणणें बरोबर असतें. परंतु येथें लांकूड हा स्वाभाविक पदार्थ आहे, आणि त्याचप्रमाणें खिळ्यांचें लोखंडही आहे. खिशांतील घड्याळ हें सृष्टपदार्थांचेंच करितात; त्यांतील सोनें, व दुसरे धातु, व वाळू, सोडा आणि माणकें यांस एकत्र करून व अनेक प्रकारचे आकार देऊन तें केलेलें असतें. आंगरखा हा लोकर या सृष्टपदार्थाचाच करितात, आणि कापूस किंवा रेशीम यांचेही आंगरखे, व दुसरे कपडे करितात. शिवाय जीं मनुष्यें या सर्व वस्तु करितात तीं सृष्टपदार्थच आहेत.

सुतार, गंवडी, चांभार आणि दुसरे कसबी व कारागीरलोक यांस कित्येक स्वाभाविक पदार्थांच्या गुणधर्मांविषयीं व कित्येक कार्यकारणभावांविषयीं इतकें ज्ञान झालेलें असतें कीं, त्याच्या योगानें त्यांस स्वाभाविक पदार्थांस नवे आकार देऊन व एकत्र जोडून मनुष्यास उपयोगी पडण्याजोग्या वस्तु बनवितां येतात.

सुतारास लांकडाच्या गुणधर्मांविषयीं कांहीं ज्ञान असल्याशिवाय त्यास खुर्ची करितां येणार नाहीं. लोखंडास ताव दिला ह्मणजे तें नरम होऊन त्यास ठोकून हवा तो आकार सहज देतां येतो, हा लोखंडाचा गुण लोहारास माहीत असल्याशिवाय घोड्याच्या पायास मारण्याचा नाल त्यास करितां आला नसता. विटा घालणारास चिकणमातीचे पुष्कळ धर्म माहीत असावे लागतात. शिसें लवचिक असून थोडक्या उष्णतेनें त्याचा रस

करितां येतो, हे गुण शिशाच्या आंगीं असतात, हें शिशाचें काम करणारास माहीत असल्याशिवाय त्यास शिशाचें घडीव काम करितां येणार नाहीं.

यास्तव कोणताही कसबी किंवा कारागीर यास आपला धंदा करितां येण्यास सृष्टींतील कार्यकारणभावाचें कांहीं नियमित ज्ञान असणें हें अवश्य आहे, आणि सृष्टपदार्थांच्या गुणधर्मांविषयीं आपणास अधिकाधिक ज्ञान झालें, आणि पदार्थांचे गुणधर्म व त्यांमधील कार्यकारणांचा संबंध या दोहोंचा आपल्यास फायदेकारक अशा रीतीनें कसा उपयोग करून घ्यावा, याविषयीं आपण नवीन शोध लाविले ह्मणजे कारागिरी व कसबें यांत सुधारणा करितां येते; कलाकौशल्याची सुधारणा यावरच वस्तुतः अवलंबून असते.

**७. पुष्कळ पदार्थ आणि सृष्टींतील पुष्कळ कार्यकारणें मनुष्यास अगम्य असतात; ह्मणजे त्याच्या अकलेच्या बाहेर असतात.**

आपल्या पाहण्यांत आलें आहे कीं, सृष्टपदार्थांपैकीं कित्येक पदार्थ आपणास सहज मिळतात, व त्यांचा आपणास उपयोग करून घेतां येतो. परंतु सृष्टींतील सर्व प्रचंड वस्तु व त्यांमधील कार्यकारण संबंध अगदीं आपल्या शक्तीच्या बाहेर आहेत. सूर्य उगवतो, व मावळतो; चंद्र व तारे आकाशांत फिरतात; कधीं वादळें सुटतात, व त्या मागून कधींकधीं शांतता असते; कधीं गरमी होते, व त्यामागून थंडी पडते.

ज्याप्रमाणें समुद्रावर ज्यास्त कमी जोरानें वारा वाहत असेल, किंवा वारा पडला असेल, त्याप्रमाणें समुद्र खवळलेला असतो, किंवा शांत असतो. असंख्य वनस्पति आणि प्राणी उत्पन्न होतात, व लय पावतात. परंतु हा जो मोठमोठ्या सृष्ट

गोष्टींचा ओघ चालला आहे, त्यावर कोणत्याही प्रकारें आपला अंमल चालत नाहीं. ह्मणजे त्यांत आपणास कांहीं फेरफार करितां येत नाहींत. मोठीं तुफानें होऊन एका ठिकाणीं फार नाश होतो; मोठा धरणीकंप होऊन दुसऱ्या ठिकाणीं फार विध्वंस होतो, आणि ज्वलत् पर्वतांपासून अग्निज्वाला व रस बाहेर पडतात, त्यांच्या योगानें तिसऱ्या ठिकाणीं नासाडी होते. तसेच ज्या ठिकाणीं पाऊस चांगला पडतो, तेथें पीकपाणी मुबलक होतें, आणि जेथें फार दिवस आवर्षण पडतें, तेथें अनेक रोग उद्भवतात, व दुष्काळही पडतो. या सर्व गोष्टींत मनुष्यास साक्षात कांहीं करितां येत नाहीं, आणि जोंपर्यंत त्यास याविषयीं अगदीं अज्ञान असतें, तोंपर्यंत तर त्यास या सृष्टींतील प्रचंड शक्ति हव्यातशा खेळवितात.

## ८. सृष्टिक्रम, कारणाशिवाय कांहीं कार्य घडत नाहीं; आकस्मिक किंवा अवचित गोष्ट सृष्टींत नसते.

मनुष्यें सृष्टीचें लक्षपूर्वक अवलोकन करूं लागल्यावर त्यांस पहिली गोष्ट ही समजली कीं, कांहीं गोष्टी नियमित क्रमानें घडतात, आणि कित्येक कारणांपासून नेहमी तींच तींच कार्यें होतात. आकाशांत नेहमी एका दिशेस सूर्य उगवतो, व दुसऱ्या दिशेस मावळतो. चंद्राचे फेरफारही एकामागून एक असे एकाच क्रमानें व नियमित कालानें घडतात. ज्याठिकाणीं आपण राहतों, त्या स्थळाच्या क्षितिजाखालीं कित्येक तारे कधीं जात नाहींत. ऋतु बहुतेक नियमानें येतात; पाणी नेहमीं डोंगरावरून खालीं वाहतें, अग्नीनें नेहमीं पदार्थ जळतात, बीं पेरलें ह्मणजे झाडें उगवतात, व त्यांपासून पुनः बीं उत्पन्न होतें, व त्या बीजापासून पुनः तींच झाडें उत्पन्न होतात. प्राणी उपजतात, वाढतात, ह्मातारे होतात, आणि मरतात. या क्रिया

युगांचीं युगें एकाच तऱ्हेनें चाललेल्या आहेत. याप्रमाणें अवलोकन केल्यावर सृष्टींतील क्रिया नियमित क्रमानें घडत आहेत, आणि सृष्टवस्तूंमध्यें कार्यकारणभाव नित्य असतो, या कल्पना मनुष्याच्या मनांत हळूहळू येत गेल्या. जेथें जेथें असा क्रम नजरेस पडला, तेथें पदार्थांचा कार्यकारणभाव समजला असें वाटूं लागलें, आणि ज्या गोष्टींचीं कारणें सांगतां येईनात त्या गोष्टी मात्र आकस्मिक किंवा अवचित घडल्या, असें ह्मणूं लागले.

परंतु ज्याप्रमाणें अधिकाधिक लक्षपूर्वक सृष्टीचें अवलोकन करूं लागले, त्याप्रमाणें सृष्टगोष्टींत सर्वत्र व्यवस्था व अनुक्रम आहेत, असें अधिकाधिक दृष्टीस पडूं लागलें. आणि जेथें अव्यवस्था दृष्टीस पडली, तेथें केवळ व्यामोह आहे असें सिद्ध झालें. ज्या गोष्टींचीं कारणें आपणास समजत नाहींत त्या गोष्टी खरोखरच कारणाशिवाय किंवा काकतालीय न्यायानें घडल्या असें मानणारा कोणी वेडा मनुष्य प्रस्तुत आढळणार नाहीं. जेव्हां आपण ह्मणतों कीं, एखादी गोष्ट अकस्मात ह्मणजे कारणाशिवाय घडली, तेव्हां तिचें कारण आपणास समजत नाहीं, किंवा ती विवक्षित गोष्ट कशानें घडून आली हें समजत नाहीं, असा आपल्या ह्मणण्याचा खरा अर्थ असतो, असें प्रत्येक मनुष्य कबूल करील. काकतालीय न्याय आणि अवचित किंवा आकस्मिक गोष्टी हे केवळ अज्ञानाचे पर्याय आहेत.

असें समजूं कीं, या वेळीं आपण आपल्या घराच्या खिडकींतून बाहेर पाहिलें तों पाऊस फार पडत आहे, वारा जोरानें वाहत आहे, व झाडांच्या फांद्या इव्या तव्या इकडून तिकडे जोरानें हालत आहेत, असें नजरेस आलें. आतां अशा वेळीं एखादा मनुष्य ह्या झाडांपैकीं एखाद्या झाडाखालीं आश्रयास राहिला

असला, आणि नेहमीं पेक्षां ज्यास्त तुफान वारा सुटून झाडाची खांदी मोडून त्यावर पडली, व त्यास दुखापत झाली, तर यास आकस्मिक गोष्ट असें आपण ह्मणूं. ज्यास दुखापत झाली, तो कदाचित् असें ह्मणेल कीं, मी अवचित बाहेर गेलों, आणि सहजीं झाडाखालीं जाऊन आश्रा घेतला ह्मणून हा अपघात किंवा ही आकस्मिक गोष्ट घडली. परंतु या ठिकाणीं सुद्धां कांहीं आकस्मिक किंवा अवचित गोष्ट घडलेली नाहीं. शेंकडों मैल दूर वातावरणावर ज्या कांहीं कारणाचें कार्य घडतें, त्याचा परिणाम तुफान असतें. झाडाचें प्रत्येक पान जें हालत असतें तें केवळ पानाच्या पृष्ठभागावर वाऱ्याच्या यांत्रिक शक्तीचें जें कार्य घडतें त्याचा परिणाम असतें. आतां जर खांदी मोडली तर खांदी बळकट नव्हती, व वाऱ्याचा जोर फार होता, ह्मणून असें घडलें हें उघड आहे. आतां ती मनुष्यावर पडली हेंही कार्य दुसऱ्या नियमित सृष्टकारणांचा परिणाम असलें पाहिजे. मनुष्यानें झाडाखालीं असणें हें या कार्यकारणमालिकेंतील फक्त शेवटलें कारण होय. ज्या कारणानें प्रथमतः तो बाहेर पडला, त्यापासून झाडाखालीं जाण्यास जें त्यास कारण घडलें, तेथपर्यंत सर्व कार्यकारणें एकामागून एक अशीं स्वाभाविक अनुक्रमानें घडून गेलीं.

हीं कार्यकारणमालिका फार लांब व बिकट आहे, व हिचा परिणाम मनुष्यावर खांदी पडणें हा घडला. परंतु या कार्यकारणमालिकेचा स्पष्ट खुलासा करण्याजोगें आपणास ज्ञान नाहीं, ह्मणून आपण अशा गोष्टीस अवचित गोष्ट किंवा अपघात असें नांव देतों.

## ९. सृष्टीचे नियम, नियम कार्यांचीं कारणें नसतात.

लक्षपूर्वक वारंवार अवलोकन केल्यावर आपणास समजतें

कीं, विवक्षित परिणाम घडण्यास नेहमी विवक्षित कारण असतें; आणि विवक्षित गोष्टी नेहमी एकाच क्रमानें घडतात. याप्रकारचें जें आपणास ज्ञान होतें, त्यासच **सृष्टीचा नियम** असें आपण ह्मणतों. कोणत्याही जड पदार्थास आधार नसला ह्मणजे तो जमिनीवर पडतो, हा एक सृष्टीचा नियम आहे. साधारण स्थितींत शिसें मऊ व जड असतें, पण गार कठीण व ठिसूळ असते, हाही सृष्टीचाच नियम आहे. कारण अनुभवावरून आपणास असें कळतें कीं, सर्व जड पदार्थ आधार नसला ह्मणजे नेहमी जमिनीवर पडतात, आणि साधारण स्थितींत शिसें नेहमी मऊ असतें व गार नेहमी कठीण असते.

सारांश सृष्टवस्तूंच्या गुणधर्मांविषयीं आणि सृष्टिक्रमाविषयीं जें जें आपणास ज्ञान होतें त्या प्रत्येकास सृष्टीचा नियम असें ह्मणतां येईल. परंतु सृष्टीचे नियम हीं सृष्टीक्रमाचीं कारणें नसून सृष्टिक्रमाविषयीं जेवढें आपणास ज्ञान झालें असेल तेवढें सांगण्याचा एक मार्ग आहे, ही गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे; आणि याकडे जें अनेक वेळां दुर्लक्ष होतें तसें होऊं नये. सृष्टीचा जो नियम वर सांगितला, त्या नियमामुळें निराधार दगड पडत नाहींत; परंतु त्या नियमामुळें असें घडतें असें मात्र लोक चुकीनें कधीं कधीं ह्मणतात. दगड व दुसरे जड पदार्थ निराधार असले ह्मणजे त्यांवर जो नेहमी परिणाम घडतो, तो मात्र नियमांत सांगितलेला असतो, आणि हे सांगण्याचा नियम हा एक मार्ग आहे.

मनुष्याचें वर्तन परस्परांशीं कसें असावें हें ठरविण्यासाठीं जे कायदे मनुष्यें करितात, त्यांशीं सृष्टीच्या नियमांचें वर सांगितलेल्या गोष्टींत फार सादृश्य असतें. कर देण्याविषयीं कायदे असतात, आणि कोणी चोरी व खून करूं नये याविषयींही कायदे असतात. परंतु मनुष्यें कर देतात, आणि चोरी व खून करीत

नाहींत, याचें कारण कायदे नसतात. जर कोणी कर दिले नाहींत, आणि चोरी किंवा खून केला तर जे परिणाम घडतील ते मात्र कायद्यांत सांगितलेले असतात. कर देण्याचें आणि गुन्हा न करण्याचें कारण भावी परिणामाची भीति होय, आणि कायद्याची अंमल बजावणी खचित होईल, अशी त्यांस खात्री असते, ह्मणून ही भीति उत्पन्न होते. विशेष प्रसंगीं लोक काय करितील हें मनुष्यांनीं केलेल्या कायद्यांवरून किंवा नियमांवरून समजतें, आणि विशेष प्रसंगीं किंवा विशेष स्थितींत सृष्टपदार्थांचें वर्तन कसें घडेल, किंवा त्यांचीं कार्यें कशीं घडतील, हें सृष्टीच्या नियमांवरून समजतें. दोनही प्रकारचे नियम आपल्या ज्ञानशक्तीस उद्देशून असतात. ह्मणजे दोनही प्रकारच्या नियमांत अशी माहिती असते कीं, आपणास ज्ञानशक्ति आहे ह्मणूनच तिचा परिणाम आपणावर होतो. त्यांचा आपल्या बुद्धीवर जो परिणाम होतो त्या व्यतिरिक्त ते नियम केवळ ध्वनि किंवा निरर्थक ओढलेल्या रेघोट्या होत.

मनुष्यानें केलेले कायदे आणि सृष्टीचे नियम या दोहोंमध्यें जरी इतकें पुष्कळ सादृश्य आहे, तरी त्यांमध्यें जें एक विशेष प्रकारचें अंतर आहे, त्याकडे दुर्लक्ष करणें योग्य नाहीं. ज्यांस नियमांचा अर्थ समजण्याची शक्ति असून इच्छेप्रमाणें वागतां येतें, त्यांसच उद्देशून मनुष्यानें केलेले कायदे असतात, आणि अमक्या रीतीनें वर्तन ठेवावें अशाविषयीं त्यांत आज्ञा असतात. त्या आज्ञा पाळणें किंवा न पाळणें हें त्यांच्या मर्जीवर आहे. हे कायदे कोणी मोडिले असतां ते निरर्थक किंवा व्यर्थ होत नाहींत, किंवा त्यांची योग्यता ही कमी होत नाहीं. परंतु सृष्टीचे नियम अशा आज्ञा नसून सृष्टीचा क्रम एकसारखा कसा चालला आहे. याविषयीं त्यांत सांगितलेलें असतें. आणि जों-

पर्यंत त्या नियमांनीं तो क्रम दर्शविला जातो, तोंपर्यंत मात्र त्यांस नियम असें ह्मणतां येतें. सृष्टीचे नियम मोडणें किंवा त्यांचा अंमल कांहीं वेळ तहकूब करणें असें ह्मणणें ह्मणजे केवळ वेडेपणा किंवा असमंजसपणा होय. असें ह्मटलें असतां त्याचा अर्थ एवढाच होईल कीं, विशेष प्रसंगीं नियमांत सांगितलेल्या गोष्टी खऱ्या नसतात; आणि यापासून वास्तविक असें अनुमान काढावयाचें कीं, सृष्टिक्रमाचा भंग झाला नसून क्रम कसा चालला आहे, हें सांगतांना आपली चुकी झाली आहे. खरा सृष्टीचा नियम हा अगदीं सर्वव्यापक असतो, व त्यास कधींही अपवाद असत नाहींत.

मनुष्यसमाज जेथें असेल तेथें मात्र मनुष्यानें केलेले कायदे त्या समाजास लागू असतात. त्याच्या अभावीं त्यांचा कांहीं अर्थ नसतो. सृष्टीच्या नियमांत सृष्टीची साधारण राहाटी कशी चालली आहे हें सांगितलेलें असतें; आणि मनुष्यसमाज हा एक सृष्टीचा यःकश्चित् अंश आहे.

**१०. व्यवहारांत आपलें वर्तन कसें असावें हें आपणास सृष्टिज्ञानावरून समजतें.**

कोणतेंही कार्य कारणाशिवाय घडत नाहीं आणि सृष्टींतील प्रत्येक गोष्ट नियमित क्रमानेंच घडत आहे. ह्मणून सृष्टिक्रमाविषयीं जें ज्ञान आपणास करून घेतां आलें आहे, त्याचा जर सृष्टीच्या नियमांत बरोबर रीतीनें बिनचुक अशा भाषेंत समावेश केला तर सृष्टीच्या नियमांपैकीं जेवढे नियम आपणास समजतील, तेवढ्यांचें ज्ञान करून घेणें हें आपणास फार महत्त्वाचें होईल. कारण तेणेंकरून आपणास आपलें वर्तन कसें ठेवावें हें ठरवितां येईल.

जर कोणी एखादा मनुष्य परक्या देशांत जाऊन तेथील कायद्यांचें ज्ञान करून न घेतां राहीन ह्मणेल, तर तो लवकरच

पेचांत येईल. असा मनुष्य दंडास पात्र झाला, कैदेंत पडला, किंवा मुळीं गेला तर शाहाणे व समंजस लोक असें ह्मणतील कीं त्यानें आपल्यावर हें अरिष्ट आपल्या वेडेपणानें आणिलें.

याचप्रमाणें सृष्टीच्या नियमांचें ज्ञान करून न घेतां या पृथ्वीच्या पाठीवर एखादा मनुष्य कालक्रमण करण्यास यत्न करूं लागला तर येथें त्याचें राहणें अल्प काळच घडेल; आणि त्या अल्प काळाचाही महत्तम भाग दुःखांत जाईल. मनुष्यानें केलेल्या कायद्यांपेक्षां सृष्टीच्या कायद्यांची ह्मणजे नियमांची अशी विलक्षण गोष्ट आहे कीं, त्यांची अंमल बजावणी करण्यास समन्स काढावें लागत नाहीं किंवा फिर्याद करावी लागत नाहीं. वास्तविक पाहिलें असतां सृष्टीच्या नियमांपैकीं कांहीं नियमांकडे लक्ष न देतां अर्धा दिवस सुद्धां व्यवस्थितपणें कोणासही राहतां येणार नाहीं. आपणांपैकीं हजारो लोक दररोज प्राणास मुकतात, किंवा दुःखांत दिवस कंटितात, याचें कारण एवढेंच कीं सृष्टीच्या नियमांचें ज्ञान करून घेण्याची जितकी उत्कंठा मनुष्यांमध्ये यावी, तितकी अद्याप आली नाहीं.

सृष्टपदार्थांच्या धर्मांच्या ज्ञानावर सर्व कला व उद्योग धंदे अवलंबून आहेत, हें पूर्वींच समजण्यांत आलें आहे. सृष्टपदार्थ मिळवून त्यांची जोडाजोड हवीतशी आपणास करितां येते. परंतु मोठमोठ्या सृष्टपदार्थांवर आणि सृष्टीतील कार्यकारणभावाच्या साधारण क्रमावर जरी आपला अंमल चालत नाहीं, व त्यांत आपणास फेरफार करितां येत नाहीं; तथापि या पदार्थांचे गुण धर्म समजले, व त्यांच्या परिणामांमधील साधारण क्रम समजला, ह्मणजे जे आपणास प्रतिकूल व अपकारक असतील त्यांस टाळतां येतें, आणि जे अनुकूल व हितकारक असतील त्यांपासून आपलें हित साधून घेतां येतें.

जरी ऋतुमानांत आपणास फेरफार करितां येत नाही, किंवा वनस्पति ज्या रीतीनें वाढतात, त्यांत कांही फेरबदल करितां येत नाही, तरी यांचा सृष्टिक्रम कसा आहे, हें समजलें ह्मणजे आपणास पेरणीविषयीं व कापणीविषयीं योग्य व्यवस्था करितां येते. आपणास वारा उत्पन्न करितां येत नाही; परंतु वारा जेव्हां वाहतो, तेव्हां त्याचा जोर किती आहे, व तो कोणत्या दिशेनें वाहत आहे, हें समजलें ह्मणजे जाहाजें व पवनचक्र्या चालविण्यास त्याचा उपयोग करून घेतां येतो. वीज पडते, तिला प्रतिबंध करितां येत नाही; परंतु विद्युद्ग्राहकाच्या साधनानें तिजपासून होणारे अनर्थ आपणास टाळतां येतात. विद्युल्लतेचा वीज हा एक प्रकार आहे, आणि विद्युल्लतेच्या धर्मांपैकीं कांहीं धर्मांचें ज्ञान झालें ह्मणजे तेणेंकरून इमारतीस विद्युद्ग्राहक लावितां येतात. अशी ह्मण आहे कीं, "पुढच्यास ठेंच आणि मागचा शाहणा." या ह्मणीप्रमाणें सृष्टीच्या नियमांचें ज्ञान झाल्यानें सृष्टपदार्थांची कोठें पुढें कशी घडतील याची अटकळ पूर्वी करितां येते.

### ११. शास्त्र: अवलोकन, प्रयोग, आणि अनुमान यांपासून झालेलें सृष्टीच्या नियमांचें ज्ञान.

साधारण ज्ञान आणि शास्त्रीयज्ञान या दोहोंस अगदीं वेगळें समजतां येणार नाही. साधारण अनुमान आणि शास्त्रीय अनुमान यांविषयींही असेंच ह्मटलें असतां चालेल. वास्तविक ह्मटलें ह्मणजे यथार्थ व सूक्ष्म जें ज्ञान तेंच **शास्त्र** होय. आणि यथातथ्य जें अनुमान तेंच शास्त्रीय अनुमान होय. जिच्या योगानें मोठमोठे शास्त्रीय शोध लागले आहेत, ती **अवलोकन** आणि **प्रयोग** करण्याची पद्धत आणि व्यवहारांतील आपली रोजची **अवलोकन** व **प्रयोग** करण्याची पद्धत या दोन्ही वस्तुतः एकच आ-

हेत. मात्र पहिली शुद्ध, यथार्थ व निश्चित असते. मुलास नवें खेळणें मिळालें ह्मणजे तें मूल त्यास नीट न्याहाळून अवलोकन करितें व नंतर त्याचे उपयोग व धर्म काय आहेत, हें पाहण्यासाठीं त्याच्याशीं खेळूं लागतें, ह्मणजे प्रयोग करूं लागतें. आपणही सर्वकाळ कोणत्या तरी वस्तूचें अवलोकन करून त्याचे प्रयोग करीत असतों.

परंतु ज्यांनीं सृष्टीचें अवलोकन यथार्थ रीतीनें कधींही केलें नाहीं त्यांस हें काम मोठें बिकट आहे असें वाटेल, व त्याचें त्यांस मोठें आश्चर्य दिसेल. अगदीं रोजच्या पाहण्यांतल्या व हमेश घडणाऱ्या अशा एखाद्या गोष्टीचें शंभरांत एकास सुद्धां यथार्थ वर्णन करितां येत नाहीं. याचा अर्थ असा कीं, एखादी गोष्ट प्रत्यक्ष घडली असून महत्त्वाची असतांही तो तिचें वर्णन करणार नाहीं, किंवा जी गोष्ट घडल्याचें प्रत्यक्ष त्यानें पाहिलें नाहीं, पण ती घडली असावी असें सहजरीत्या अनुमान मात्र जीविषयीं त्यानें केलें असेल ती गोष्ट घडली, असा गर्भित किंवा सूचक अर्थ निघण्या सारखें तो तिचें वर्णन करील. जेव्हां दोन सत्यवादी ह्मणजे खरें सांगणारे साक्षीदार न्यायाच्या कोर्टांत परस्पर विरुद्ध असा मजकूर सांगतात, तेव्हां बहुतकरून असा प्रकार असतो कीं त्यांनीं ज्या गोष्टी प्रत्यक्ष पाहिल्या असतील त्या आणि त्यांवरून त्यांनीं जी अनुमानें काढिलीं असतील, तीं अनुमानें या दोहोंची योग्यता एकच समजून यांपैकीं हवेंनें सांगून तें खरें आहे असें प्रतिपादन करितात. अ शपथेवर सांगतो कीं, बनें आपला खिसा कापला व त्यांतील वस्त चोरिली. परंतु वास्तवीक असा प्रकार असतो कीं, ब जवळ असतांना आपल्या खिशांत कोणी हात घातला इतकेंच अला आढळतें. परंतु बनें वस्त चोरिली नसून तिसऱ्या कनें चोरिलेली असते, व

त्यास असें पाहिलेलें नसतें. ज्यांस अवलोकन कसें करावें याविषयीं शिक्षण मिळालेलें नसतें, असे लोक ज्या गोष्टी प्रत्यक्ष पाहतात व त्यांपासून ते जीं अनुमानें काढतात, या दोहोंची कधीं कधीं फार विलक्षण रीतीनें भेसळ करितात. परंतु अनुभविक व लक्षपूर्वक अवलोकन करणाऱ्यांच्या हातून मुद्दां अशी चूक होण्याचा हमेश संभव असतो.

जें अवलोकन पूर्ण व यथातथ्य असून त्यांत नकळत काढलेलीं अनुमाने नसतात, त्यास **शास्त्रीय अवलोकन** असें ह्मणावें.

सृष्टपदार्थांस एकत्र करून त्यांचा संयोग केला, किंवा त्यांचें पृथक्करण करून त्यांचे अवयव वेगळे काढिले, किंवा पदार्थ ज्या स्थितींत असतील त्या स्थितींत कांहीं फेरफार केले, तर जे परिणाम घडतात, त्यांचें जें अवलोकन त्यास **प्रयोग** असें ह्मणावें. ज्या स्थितीचें आपणास बरोबर व यथार्थ ज्ञान आहे, अशा कृत्रिम स्थितींत केलेलें जें शास्त्रीय अवलोकन त्यास **शास्त्रीय प्रयोग** असें ह्मणतां येईल.

पाणी कधीं कधीं गोठतें, हें आपण नेहमी पाहतों. परंतु पाणी कोणत्या स्थितींत असतां तें गोठतें, ह्मणजे त्याचें रूपांतर होऊन बर्फ होतें, हें अवलोकन करणें ह्मणजे शास्त्रीय अवलोकन करणें होय. आपण जे नेहमी अगदीं साधे प्रयोग करितों त्यांवरून लांकूड पाण्यावर तरतें हें आपण पाहतों. परंतु याविषयीं शास्त्रीय प्रयोग केला ह्मणजे तें आपल्या एवढ्या वजनाचें पाणी दूर करितें, हें समजतें.

साधारण अवलोकन आणि प्रयोग व शास्त्रीय अवलोकन आणि प्रयोग यांमध्यें जो भेद आहे, तोच साधारण अनुमान व शास्त्रीय अनुमान यांमध्यें आहे. याचा अर्थ असा कीं, शास्त्रीय अनुमान शुद्ध व यथातथ्य असावें लागतें. यथार्थ रीतीनें अव-

लोकन करण्या सारखेंच व यथार्थ रीतीनें विचार करणें किंवा अनुमान काढणें कठीण आहे.

शास्त्रीय अनुमानांत अनेक विशेष गोष्टींचें अवलोकन केल्यानें साधारण नियम निघतात. हे साधारण नियम स्थापित झाले ह्मणजे रोजच्या व्यवहारांत ज्याप्रमाणें आपण अनुमानें काढितो, त्याचप्रमाणें त्या नियमांपासून अनुमानें निघतात. एखादा मुलगा ह्मणतो कीं, संगमरवरी दगड कठीण आहे. तेव्हां त्यानें जे संगमरवरी दगड पाहिले असतील, व हातांत घेतले असतील त्यांवरून तो संगमरवरी दगडांविषयीं हा सिद्धांत करितो. साधारण अनुमान काढण्याच्या या रीतीस पारिभाषिक भाषेंत **आकर्षानुमान** किंवा विशेष परीक्षापूर्वक साधारण अनुमान असें ह्मणतां येईल. आतां जर त्यास कोणी सांगितलें कीं, संगमरवरी दगड दातांनीं फोडून दाखीव. तर तो तसें करीत नाहीं. कारण 'संगमरवरी दगड कठीण असल्यामुळें दांतांनीं फोडितां येणार नाहीत' या साधारण नियमांवरून तो समजून उमजून किंवा नकळत हें **विशेष अनुमान** काढितो. विशेष अनुमान काढण्याची रीति साधारण अनुमान काढण्याच्या रीतीच्या उलट असते. साधारण गोष्टीवरून किंवा गृहीत अगर सिद्ध गोष्टीवरून विशेष गोष्ट आपण सिद्ध करितो, किंवा विशेष नियम काढितों त्यास साधारण परीक्षापूर्वक विशेष अनुमान किंवा **निष्कर्षानुमान** असें ह्मणतां येईल.

न्यायशास्त्र किंवा तर्कशास्त्र यांत अनुमान काढण्याच्या रीतीविषयीं विवेचन असतें. ह्मणून तें शास्त्र शिकलें ह्मणजे याविषयीं जास्त समजेल. प्रस्तुत इतकें समजणें बस आहे कीं, अनेक वेळां अवलोकन व प्रयोग करून सृष्टपदार्थांविषयीं काढलेले जे साधारण नियम तेच सृष्टीचे सिद्धांत होत; किंवा त्या अवलोकना-

पासून आणि त्या प्रयोगांपासून काढलेली साधारण किंवा निष्कर्षानुमानें होत. शास्त्रामध्यें ज्या व्यावहारिक व सांकेतिक गोष्टी सांगितलेल्या असतात, त्या वरील साधारण नियमांपासून काढलेलीं विशेष अनुमानें असतात.

व्यावहारिक ज्ञान आणि शास्त्रीय ज्ञान हीं परस्पर विरुद्ध आहेत, असें लोक कधीं कधीं समजतात. परंतु तशी गोष्ट नाहीं. व्यावहारिक ज्ञान पूर्णतेस आलें ह्मणजे शास्त्र बनलें असें समजावयाचें. शास्त्रीय अनुमानें हीं केवळ फार लक्षपूर्वक काढलेलीं व्यावहारिक अनुमानें होत, आणि साधारण किंवा व्यावहारिक ज्ञान जसजसें यथार्थतेस व पूर्णदशेस येतें, त्याप्रमाणें तेंच शास्त्रीयज्ञानाच्या योग्यतेस पोंचतें.

साधारण ज्ञान मिळविणें हाच शास्त्रीय ज्ञान मिळविण्याचा मार्ग आहे. लक्षपूर्वक अवलोकन व प्रयोग करून हें ज्ञान आपणास वाढविलें पाहिजे; व या आपल्या खटपटीपासून व शोधांपासून जीं अनुमानें निघतात, त्यांस सृष्टीच्या नियमांचें रूप बरोबर रीतीनें कसें द्यावें हें आपणास शिकलें पाहिजे. हे नियम समजल्यावर त्यांपासून यथार्थ रीतीनें अनुमानें कशीं काढावीं, आणि व्यवहारांत आपणास उपयोगी पडतील अशा सृष्टक्रिया व गोष्टी कशा घडतात, यांचीं कारणें कशीं शोधून काढावीं हेंही आपणास शिकलें पाहिजे.

## ( २ ) जड वस्तु.

### अ. खनिज पदार्थ

### १२. पाणी या सृष्टपदार्थाविषयीं.

साधारण सृष्टपदार्थांपैकीं पाणी हा एक रोजच्या पाहण्यांतला पदार्थ आहे. प्रत्येक मनुष्य रोजच्या रोज त्याचा कोणत्या तरी

रीतीनें उपयोग करितोच. ह्मणून प्रत्येकास त्याविषयीं बरीच अर्धवट माहिती ह्मणजे साधारण ज्ञान असतें. परंतु बहुत करून यापैकीं पुष्कळ ज्ञानाकडे त्याचें कधीं लक्ष गेलेलें नसतें. पाण्याविषयीं जितकें ज्ञान करून घेतां येईल, तितकें ज्ञान करून घेण्यास ज्यांनीं कधीं खटपट केली नाहीं, त्यांस तर या( पाण्या )च्या अनेक शक्ति व धर्म यांचें व जे नियम पाण्यानें व्यक्त होतात अशा अनेक सृष्टीच्या नियमांचें ज्ञान असणार नाहीं, हें खचित आहे; आणि यामुळें ज्या कित्येक गोष्टींचीं कारणें सांगणें फार सोपें आहे, त्यांचीं कारणें त्यांस सांगतां येणार नाहींत. यास्तव पाण्याच्या गुणधर्मांचें ज्ञान करून घेऊन शास्त्र शिकण्यास आपणास आरंभ करितां येईल.

## १३. पाण्यानें भरलेला पेला.

असें समजू कीं, आपल्या जवळ पाण्यानें अर्धा भरलेला कांचेचा पेला आहे. यांतील पेला हा कृत्रिम पदार्थ आहे; (कलम ५) ह्मणजे कित्येक सृष्टपदार्थांचें मिश्रण करून आणि त्या मिश्रणास एकत्र वितळवून त्याची कांच बनेपर्यंत त्यास उष्णता दिली आहे, आणि त्या कांचेस कारागिरानें पेल्याचा आकार दिला आहे. परंतु त्यांतील पाणी हा अकृत्रिम पदार्थ आहे. हें पाणी नदीचें, तळ्याचें, किंवा झऱ्याचें असेल, किंवा घराच्या छपरावर पडलेलें पावसाचें पाणी एखाद्या रांजणांत धरून त्यांतील आणलेलें असेल.

पहा या पाण्याच्या आंगीं अनेक चमत्कारिक धर्म आहेत. उदाहरण तें पारदर्शक आहे ह्मणजे आपणास त्यांतून पार पलीकडे पाहतां येतें. तें थंड लागतें, त्यानें तहान भागते, व त्यांत साखर विरघळते. परंतु आरंभीं या धर्मांविषयीं विचार करणें फार सोईचें होणार नाहीं.

**१४. पाणी जागा व्यापितें, प्रतिबंध करितें, जड आहे, आणि स्वतःस मिळालेली गति दुसऱ्या वस्तूंस देऊं शकतें; यास्तव पाणी हें एक प्रकारचें द्रव्य आहे.**

पेल्यांत जें पाणी आहे, त्यानें पेल्यांतील पोकळी अर्धी भरलेली आहे. ह्मणून त्यानें तितकी **जागा** व्यापिली आहे, किंवा तेवढा त्याचा **आकार** आहे. बहुतेक याच आकाराचा असा दुसरा एक पेला घेऊन या पहिल्या पेल्यांत बुडाकडून घालूं लागलों, तर पाण्यापर्यंत बूड पोचलें ह्मणजे त्यास पुढें खालीं उतरण्यास पाण्याचा प्रतिबंध होतो, आणि पाणी मूळ जाग्यांतून दूर झाल्या शिवाय दुसऱ्या पेल्याचें बूड खालीं उतरत नाहीं, असें आपल्या अनुभवास येईल. कांहीं उंचीवरून जर एखादा मनुष्य पाण्यांत पडला तर तो पाण्यावर आदळून त्यास मोठा धक्का बसतो, ह्मणून पाण्याच्या आंगीं **प्रतिबंध** करण्याची शक्ति आहे.

पेल्यांतील पाणी ओतून टाकिलें तर पेला पूर्वी पेक्षां वजनानें हलका लागतो. ह्मणून पाण्यास **वजन** आहे.

आणि ज्यास फारसा आधार नाहीं, अशा पदार्थावर पाणी फेंकिलें तर तो पदार्थ पाण्याच्या जोरानें कलंडेल. ह्मणजे पाण्यास गति दिल्यानें ती **गति** दुसऱ्या पदार्थास **देण्याचें** त्याच्या आंगीं सामर्थ्य आहे.

सृष्टींत ज्या गोष्टी घडतात, त्यांस **सृष्टक्रिया** असें ह्मटलें असतां चालेल. यास्तव या वरील गोष्टीस सृष्टक्रिया हें नांव देतां येईल. या सर्वांचें मूळ कारण पाणी आहे, व त्यांपासून हीं कार्यें घडलीं आहेत. ह्मणून यांस पाण्याचे धर्म असें (कलम ४) ह्मणतां येईल.

ज्या वस्तु कांहीं जागा व्यापितात, प्रतिबंध करितात, गुरुत्वविशिष्ट असतात, आणि दुसऱ्या वस्तूंवर आपटल्या असतां

त्यांस गति देतात, त्या सर्वांस **जडवस्तु** किंवा **पदार्थ** किंवा नुसतें **द्रव्य** असें ह्मणतात. ह्मणून पाणी हा एक द्रव्याचा प्रकार आहे, किंवा हें एका जातीचें द्रव्य आहे.

**१५. पाणी पातळ आहे.**

जरी पाणी कांहीं जागा व्यापितें, तथापि त्यास नियमित आकार नमून तें ज्या भांड्यांत असेल त्या भांड्याचा हुबेहुब आकार त्यास प्राप्त होतो, हें तुमच्या नजरेस येईल. जर पेला नळी सारखा गोल व लांबट असेल तर पेला उभा धरिला असतां पाण्याचा पृष्ठभाग वर्तुळाकार दिसेल, आणि पेला कलता धरिला ह्मणजे तोच आकार दीर्घ वर्तुळाकार ह्मणजे बदामासारखा लांबट वर्तुळाकार दिसूं लागेल. तसेंच कोणत्याही आकाराचें भांडे असलें तरी त्यांत पाणी ओतलें ह्मणजे पाण्याच्या बाजू नेहमी भांड्याच्या बाजूंवर बरोबर टेकलेल्या असतात. पाण्यांत बोट घातलें तर फारसा अडथळा न होतां बोट हवें तिकडे त्यांत फिरवितां येतें. पाण्यांतून बोट काढिलें तर तेथें खळगा राहत नाहीं. परंतु जी जागा बोटानें व्यापिली होती, त्याठिकाणीं चोहोंकडून पाणी येऊन ती पोकळी लागलीच भरते. मूठभर पाणी बाहेर काढतां येत नाहीं. कारण तें बोटांतून वाहून जातें. आणि त्याचप्रमाणें पाण्याचा आपणास ढीगही घालतां येत नाहीं. या सर्व गोष्टींवरून असें दिसतें की, पाण्याचे सर्व भाग सहजरीत्या एकमेकांवर सरकतात. जर पेला कलता धरिला तर त्यांतील पाण्याच्या पृष्ठभागाची पातळी पेल्याच्या कडेवर एकेबाजूस चढते. ह्मणून या ठिकाणीं त्या पाण्यास पेल्याचा कांहींसा आधार कमी असतो, ह्मणून पाणी बाहेर सांडतें; व त्याची धार जमिनीवर पडते, व तेथून तें जिकडे तिकडे पसरून ज्या अतिखोल जागा मिळतील त्यांत वाहतें किंवा हळू हळू जमिनीच्या फटींत व चिरींत जिरतें.

पाण्याचे भाग याप्रमाणें सहजरीत्या सरकतात, आणि एकमेकांवरून जातात. तरी त्यांमध्यें कांहीं परस्पर आकर्षण असतें. पाण्याच्या पृष्ठभागास जर बोट लाविलें तर कांहीं थोडें पाणी बोटास लागतें; आणि पृष्ठभागापासून बोट जपून वर उचललें तर जवळचें पाणी एकत्र होऊन त्याचा लांबट थेंब बनतो, आणि तो खालीं पडेपर्यंत त्याची लांबी बरीच होते. जेव्हां खूब दंव पडतें, तेव्हां भल्यापहाटेस झाडांच्या पानांवर आणि गवतावर पाण्याचे गोल थेंब आपणास दिसतात, व या ठिकाणींही पाण्याचे कण याच प्रमाणें एकत्र झालेले असतात.

ज्या जड पदार्थांचे भाग किंवा कण याप्रमाणें चल असून ते ज्या भांड्यांत असतील त्या भांड्याच्या बाजूंवर बरोबर बसतात, किंवा टेंकतात, आणि त्यांस आधार नसला ह्मणजे वाहतात, त्यांस **प्रवाहीपदार्थ** ह्मणतात, आणि ज्या प्रवाही पदार्थांचे भाग एकमेकांपासून दूर न जातां पाण्याच्या कणाप्रमाणें एकत्र राहतात त्यांस **पातळपदार्थ** ह्मणतात. ह्मणून पाणी हा एक पातळ पदार्थ आहे.

**१६. पाणी दुःसंकोच्य आहे.**

दुसऱ्या कोणत्याही जड पदार्थाप्रमाणें पाण्यानें जी जागा व्यापिली असेल, त्याठिकाणीं दुसऱ्या पदार्थास येण्यास तें प्रतिबंध करितें, असें आपण पाहिलें. परंतु पुष्कळ पदार्थ असे असतात कीं जरी ते प्रतिबंध करितात, तरी चेपून किंवा दाबून सहज त्यांस लहान आकार देतां येतो. तथापि पाण्यास तसें करितां येत नाहीं. इतर पातळ पदार्थाप्रमाणें पाणी ही दुःसंकोच्य आहे, ह्मणजे पाण्याचा आकार अगदीं थोडासुद्धां कमी करण्यास त्यावर अत्यंत दाब घालावा लागतो. ज्या पातळ पदार्थांचे कण दिसण्यांत पाण्यासारखे चल असतात, त्याचा सं-

कोच करण्यास बहुतेक लोखंडा इतकें कठीण पडावें ही गोष्ट मोठी चमत्कार वाटण्यासारखी आहे. परंतु जेव्हां पाण्यास आपला आकार सहज बदलतां येतो, तेव्हां मात्र त्याचे कण सहज सरकतात. परंतु जर पाण्यास आपला आकार बदलूं दिला नाहीं तर त्याच्या कणांस एकमेकांकडे अधिक जवळ नेण्यास फार कठीण जातें. प्रत्यक्ष प्रयोग करून असें काढिलें आहे कीं, तोंड बंद केलेल्या भांड्यांत पाणी असलें तर त्यावर दर चौरसइंच पृष्ठभागावर ७॥ शेरांचा या मानानें जेव्हां दाब घालावा, तेव्हां त्याचा आकार सारा $\frac{१}{२०,०००}$ कमी होतो. साधी पिचकारी घ्यावी, व तिचा दट्टया नळींत गच्च बसतो आहे, असें पाहून तिचें खालचें तोंड पाण्यांत बुडवावें, व दट्टया वर ओढावा. नंतर तोटी वर करून थोडें पाणी उडवून पाहावें; आणि याप्रमाणें पिचकारीची सर्व नळी पाण्यानेंच भरली आहे, याची खात्री करून घ्यावी. याप्रमाणें सर्व नळी पाण्यानें भरून पिचकारीच्या बारिक भोंकावर त्यांतून पाणी न जाण्याजोगें बोट गच्च दाबून धरावें आणि नंतर दट्टया आंत सारण्यास यत्न करावा, ह्मणजे अतिशय जोर केल्याशिवाय दट्टया आंत सरत नाहीं असें अनुभवास येईल. जर दट्टया किंचित् सरला, तर तो केवळ दट्टयाच्या बाजूनें पाणी वर आल्यामुळें सरला असावा असें समजावें. सारांश जर दट्टयाचा तळ १ चौरस इंचाचा असला, आणि दट्टया नळींत बरोबर गच्च बसत असला, आणि नळींतील पाण्याच्या स्तंभाची उंची १ इंच असली तर दट्टयावर जेव्हां १५,००० शेरांचें (१८$\frac{३}{४}$ खंडीचें) वजन ठेवावें, तेव्हां दट्टया $\frac{१}{१०}$ इंच खालीं सरेल.

### १७. वजन ह्मणजे काय ?

वजन हा जो पदार्थांच्या आंगीं धर्म त्याचा आपण आतां

विचार करूं. जमिनीवरून एखाद्या पदार्थास उचलतांना किंवा त्यास हातांत धरितांना कांहीं जोर करावा लागला तर त्या पदार्थास वजन आहे असें आपण ह्मणतों. तसेंच जमिनीपासून कांहीं उंचीवर कोणत्या तरी आधारावर असलेला पदार्थ आधार काढून घेतांच जर खालीं पडला तरीही त्यास वजन आहे असें आपण ह्मणतों. आतां जमीन ह्मणजे केवळ पृथ्वीचा पृष्ठभाग होय, आणि ज्या पदार्थास वजन आहे त्यांस जमिनीच्या पृष्ठभागापासून कांहीं अंतरावर कोणत्या तरी आधारावर ठेविलें नसलें तर ते पृथ्वीच्या पृष्ठभागवर लागलेच पडतात. ह्मणून ज्यांस वजन आहे, त्यांच्या आंगीं याप्रमाणें पडण्याचा कल असतो असें आपणास ह्मणतां येईल. हा प्रयोग पृथ्वीच्या पृष्ठभागवर कोठेंही केला तरी असाच प्रकार घडतो. पाऊस पडतो तेव्हां पाण्याचे थेंब पडतात. हवा शांत असते तेव्हां येथें, इंग्लंदांत, अमेरिकेंत किंवा न्यूझिलंदांत पावसाची सर पाहिली, तरी थेंब जमिनीवर लंबरेषेंतच पडतात, असें नजरेस येईल. परंतु पृथ्वी गोलाकार आहे, आणि न्यूझिलंद हें इंग्लंदच्या बरोबर खालच्या बाजूवर आहे, आणि अमेरिका आपल्या खालच्या भागावर आहे; ह्मणजे भूगोलाच्या ज्या भागावर इंग्लंद आहे, त्याच्या खालच्या भागावर न्यूझिलंद आहे; आणि ज्या भागावर हिंदुस्थान आहे, त्याच्या खालच्या भागावर अमेरिका आहे. ह्मणून एक इंग्लंदांत व एक न्यूझिलंदांत आणि एक येथें व एक अमेरिकेंत अशा चार सरी एकाच वेळीं पडत असल्या तर पहिल्या दोहोंचे व दुसऱ्या दोहोंचे थेंब परस्पर उलट दिशांनीं एकमेकांकडे पडत राहतील. ह्मणजे जें पृथ्वीचें केंद्र दोहोंच्या मध्यें आहे त्याकडे पडतील. सारांश ज्या पदार्थास वजन आहे, त्या

सर्वांचा पृथ्वीच्या केंद्राकडे पडण्याचा कल असतो. याचा अर्थ असा कीं, जेव्हां आपण 'वजन' असें ह्मणतों, तेव्हां आपल्या ह्मणण्याचा अर्थ 'पदार्थाचा पडण्याचा हा कल' असा असतो. अमका पदार्थ जड आहे असें ह्मणणें, आणि जर त्यास आधार नसला तर तो जमिनीवर खचित पडेल, किंवा तो आपण हातांत घेतला तर त्यास धरण्यास आपणास कांहीं जोर करावा लागेल असें ह्मणणें, या दोहोंचा अर्थ एकच आहे.

## १८. गुरुत्व आणि गुरुत्वाकर्षण.

**गुरुत्व** या शब्दाचा प्रथम जेव्हां उपयोग करूं लागले तेव्हां त्याचा अर्थ **वजन** हाच होता. ज्या पदार्थास वजन आहे, तो पदार्थ पृथ्वीच्या केंद्राकडे **गुरुत्वामुळें** ओढला जातो, असें ह्मणतात. परंतु केवळ **वजन** याहून जास्त व्यापक असा अर्थ **गुरुत्व** या शब्दामध्यें आतां आलेला आहे. अनेक वेळां लक्षपूर्वक अवलोकन आणि प्रयोग केल्यावरून सृष्टीचा साधारण नियम असा स्थापित झाला आहे कीं, ज्याप्रमाणें पावसाचा थेंब पृथ्वीवर पडतो, त्याचप्रमाणें प्रत्येक जड पदार्थाचा दुसऱ्या जड पदार्थाकडे जाण्याचा कल असतो. द्रव्य कोणत्याही जातीचें असलें तरी त्याचे कोणतेही २ भाग, त्यांस प्रतिबंध करण्यास मध्यें कांहीं नसल्यास, एकमेकांकडे चलन पावतील.

हें स्पष्ट करण्याकरितां अशी कल्पना करूं कीं, सुमारें $\frac{1}{10}$ इंच व्यासाचे पाण्याचे २ गोल थेंब हेच कायते सृष्टींत जड पदार्थ आहेत. यांचे आकार सारखे असतील, व द्रव्यसमुच्चयही ( वजनें ) सारखे असले पाहिजेत. हे एकमेकांपासून कितीही अंतरावर असले तरी ते एकमेकांकडे जाऊं लागतील, आणि हळूहळू त्यांचा वेग वाढून ते आरंभीं ज्या ठिकाणीं होते, त्या दोहों ठिकाणांच्या मधोमध शेवटीं परस्पर एकत्र मि-

ळतील किंवा भेटतील. परंतु जर एका थेंबाचा आकार दुसऱ्या थेंबाहून मोठा असला, तर मोठा थेंब लहान थेंबाहून हळू सरकेल आणि तितक्याच मानानें मोठ्या थेंबाच्या अधिक जवळ ते दोन्ही एकत्र मिळतील किंवा भेटतील. यावरून असें अनुमान निघतें कीं, जर एक थेंब पृथ्वीएवढा मोठा झाला, आणि दुसरा मात्र मूळच्या आकारा एवढाच राहिला, तर थोरल्या थेंबाचें धाकट्या थेंबाकडे चलन एकंदर अंतराच्या अतिसूक्ष्म अंतरांतून मात्र घडेल. यामुळें असें दिसेल कीं जणुकाय मोठा पदार्थ अगदीं स्थिरच राहिला, आणि त्यानें धाकट्या पदार्थास आपणाकडे ओढिलें.

ढगांतून जेव्हां पाण्याचा एक थेंब सुमारें १ मैल उंचीवरून पृथ्वीवर पडतो, तेव्हां अगदीं थेट असाच प्रकार घडतो. त्या दोहोंचे मध्य सांधणाऱ्या रेषेंत दोघांचें चलन घडतें, आणि ज्याप्रमाणें थेंब पृथ्वीकडे येतो, त्याचप्रमाणें पृथ्वीही वास्तविक त्या थेंबाकडे जाते. परंतु या रेषेंत जेवढ्या अंरांतून ( अवकाशांतून ) प्रत्येक गमन करितो तें अंतर, त्याच्या द्रव्यसमुच्चयाच्या उलट प्रमाणांत असतें. ह्मणजे द्रव्यसमुच्चय जसा जास्त असेल, त्याप्रमाणें अंतर ( अवकाश ) कमी असतें. त्यांमधील प्रमाण त्रैराशिकानें असें मांडितां येतें; "पृथ्वीच्या द्रव्यसमुच्चयास जसा थेंबाचा द्रव्यसमुच्चय तसें एका मैलास पृथ्वीनें क्रमण केलेलें अंतर." हें उदाहरण जर कोणी केलें तर या प्रमाणांतील चौथें पद कल्पनासुद्धां करितां येणार नाहीं असा इंचाचा अतिसूक्ष्म भाग येईल. वास्तव व्यवहारांत पृथ्वीवर पडणाऱ्या सर्व पदार्थांच्या संबंधानें पृथ्वी स्थिर असते असें मानतां येतें. कारण कोणत्याही पदार्थांतील द्रव्यसमुच्चयाची पृथ्वीच्या द्रव्यसमुच्चयाशीं तुलना केली असतां तो अगदीं अल्प असतो.

हा वेळपर्यंत जें आपणास ज्ञान झालें आहे, त्यावरून असें ह्मणतां येईल कीं, जो नियम पाण्यास लागू आहे तोच नियम सर्वप्रकारच्या द्रव्यांसही लागू आहे. सर्व जातीच्या द्रव्यांच्या आंगीं गुरुत्व असतें, हा सृष्टीचा नियम आहे, असें आपण समजतों. ह्मणजे कोणतेही दोन पदार्थ घेतले तरी प्रत्येकाचा दुसऱ्याकडे जाण्याचा कल असतो. मात्र एकांतील द्रव्यसमुच्चयापेक्षां ज्या मानानें दुसऱ्यांतील द्रव्यसमुच्चय जास्त असेल, ह्मणजे एकाहून दुसरा जेवढा मोठा असेल, त्या मानानें त्याचा वेग कमी असतो; आणि ज्याप्रमाणें ते दोन पदार्थ परस्पर जवळ येतात, त्याप्रमाणें हा वेग अधिकाधिक वाढत जातो.

गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमांत याच अवलोकन केलेल्या गोष्टींविषयीं दुसऱ्या अधिक स्पष्ट रीतीनें सांगितलेलें असतें. ( पदार्थविज्ञान पहा. )

## १९. वजनाचें कारण; आकर्षण; प्रेरणा किंवा जोर.

पदार्थांच्या आंगीं वजन कां असतें, याचें कारण आपणास कांहीं माहीत नाहीं. गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमामुळें पदार्थ पडत नाहीत; ( कलम ९ पहा. ) आणि ते कां पडतात, हें त्यांच्या गुरुत्वावरून व्यक्त होत नाहीं. गुरुत्व हें एक वजनाचेंच दुसरें नांव आहे आणि गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमांत पदार्थ एकमेकांकडे कसे आकर्षिले जातात, हें मात्र सांगितलेलें असतें. परंतु ते तसे एकमेकांकडे कां जातात, हें कांहीं व्यक्त केलेलें नसतें.

गुरुत्व हें एक प्रकारचें ‘ आकर्षण ’ आहे, आणि पृथ्वी पदार्थांस आकर्षण करिते ह्मणून ते पृथ्वीवर पडतात, असें कित्येक पुष्कळ वेळां ह्मणतात. परंतु ‘ आकर्षण करणें ’ याचा

अर्थ आपणाकडे ओढणें एवढाच आहे; आणि आकर्षण याचा अर्थ ओढण्याच्या क्रियेशिवाय दुसरा कांहीं नाहीं. जेव्हां दोन पदार्थ एकमेकांकडे जातात, तेव्हां त्यांस एकमेकांनीं 'एकमेकांकडे ओढिलें' असें ह्मणणें ह्मणजे जी क्रिया घडते, तिचें वर्णन करणें होय. येणेंकरून आपणास पूर्वीपेक्षां या क्रियेच्या कारणांचें कांहीं जास्त ज्ञान होत नाहीं. मात्र याविषयीं जर आपण पोक्त विचार केला नाहीं तर पूर्वीपेक्षां आपलें अज्ञान अधिकच आहे, असें उलटें वाटेल. कारण दोऱ्या व आंकडे यांणीं आपण नेहमी पदार्थास ओढितों, व त्यांशीं 'ओढणें' या शब्दाचा इतका निकट संबंध आहे, कीं परस्पर आकर्षण करणाऱ्या पदार्थांमध्ये या तऱ्हेचीं ओढण्याचीं कांहीं अदृश्य अशीं यांत्रिक साधनें असावीं, अशी मात्र कल्पना सहजीं मनांत येऊं लागते.

गुरुत्वाकर्षण ही एक प्रकारची प्रेरणा किंवा जोर आहे, असेंही ह्मणतात. प्रेरणा किंवा जोर या शब्दाचा फार उपयोग करितात, ह्मणून त्याचा अर्थ काय हें स्पष्ट करूं. एखाद्या पदार्थावर दाब घालण्यास किंवा त्यास गति देण्यास जेव्हां एखादा मनुष्य त्यास ढकलतो, किंवा ओढितो, तेव्हां त्यानें त्यास प्रेरणा किंवा जोर लाविला असें ह्मणतात. पैल्वानाचा जोर त्याच्या मिठीवरून कळून येतो. चेंडू मारणारचा जोर चेंडूच्या शीघ्रगतीवरून समजतो.

यास्तव ज्या कारणानें गति देतां येते, किंवा दाब घालवयाचा असतो तेव्हां ज्या कारणाच्या आंगीं गति देण्याचा कल असतो, त्यासच आपण जोर किंवा प्रेरणा हें नांव देतों. ह्मणून गुरुत्व असलेला पदार्थ आपण आपल्या हातांत किंवा खांद्यावर घेतला, ह्मणजे जो दाब पडलासा वाटतो, त्याचें का-

रण गुरुत्वाचा जोर हें होय. आणि जेव्हां पदार्थ निराधार असून चलन पावण्यास मोकळा असतो, तेव्हां पृथ्वीच्या मध्याकडे जें त्याचें चलन घडतें त्याचेंही कारण गुरुत्वाचा जोरच असतें. परंतु या क्रियांच्या कारणांविषयीं आपणास कांहीं समजत नाहीं.

ज्या कांहीं क्रियांचीं कारणें आपणास कळत नाहींत, त्या कारणांचीं आकर्षण आणि प्रेरणा हीं केवळ नांवें आहेत. परंतु जी कार्यकारणमाला आणि जे सृष्टपदार्थ आपल्या अवलोकनांत येतात, त्यांपासून अगदीं स्वतंत्र अशा वस्तूंचीं हीं नांवें आहेत, असें समजून जो या शब्दांचा चुकीचा उपयोग करितात, त्यामुळें पुष्कळ गोंधळ होतो. यास्तव शास्त्र शिकण्यास आरंभ करितांना या गोष्टीविषयीं स्पष्ट कल्पना मनांत ठसण्याकरितां विशेष श्रम घेणें हें फार उपयोगाचें होणार आहे.

जर दोन पदार्थ चलन पावण्यास मोकळे असतील तर उत्तरोत्तर वाढत जाणाऱ्या अशा वेगानें ते एकमेकांकडे चलन पावतील; आणि दोघांची गांठ पडेपर्यंत प्रत्येक ज्या अंतरांतून चलन पावेल, तें अंतर त्यांतील द्रव्यसमुच्चयाच्या उलट प्रमाणांत असेल, हा एक सृष्टीचा नियम आहे, एवढें मात्र आपणास हा वेळपर्यंत कळलें, व तें आपण लक्षांत ठेवूं. या साधारण गोष्टीस **गुरुत्वाकर्षण** असें नांव आहे. पृथ्वीवरील पदार्थांच्या संबंधानें यास **वजन** हें नांव आहे. या क्रियेचें किंवा गोष्टीचें जें कारण आपणास समजत नाहीं, त्यास आपण **जोर** किंवा **प्रेरणा** हें नांव देतों. पदार्थ एकमेकांकडे नियमित रीतीनें ओढले जातात, ही गोष्ट समजणें फार महत्त्वाचें आहे. नांवांत फार महत्त्व नाहीं. तीं केवळ नांवें असून प्रत्यक्ष वस्तु नाहींत, हें लक्षांत ठेविलें म्हणजे बस आहे.

**२०. पाण्याचें वजन त्याच्या आकारमानाच्या प्रमाणांत असतें.**

आतां केवळ साधारण वजनाचा विचार न करितां पाण्याच्या वजनाचा विचार करूं. रिकाम्या पेल्यापेक्षां पाण्यानें भरलेला पेला जड लागतो. कारण रिकामा पेला उचलण्यास जितका जोर लागतो, त्याहून भरलेला पेला उचलण्यास जास्त जोर लागतो. पेल्यांत जसजसें पाणी जास्त असेल, त्याप्रमाणें जास्त जोर लागतो. रिकामा पोहरा अगदीं हलका लागतो, परंतु तो पाण्यानें भरला असला ह्मणजे त्यास उचलण्यास याहूनही जास्त जोर लागतो. आणि जर पाण्यानें भरलेलें मोठें पीप घेतलें तर त्यास जाग्यावरून आपणास हालवितांही येत नाहीं. परंतु तें रिकामें असलें ह्मणजे आपणास सहज उचलतांही येतें. यावरून असें दिसतें कीं पाण्याचा आकार जसा जास्त असेल, त्याप्रमाणें त्याचें वजन जास्त असतें, व आकार कमी असेल तसें वजन कमी असतें. तळहातावर जर पाण्याचा एक थेंब घेतला, तर त्याचें वजन कांहींच नाहीं, असें वाटतें; तथापि वास्तविक तसें नसतें हें स्पष्ट आहे. कारण तो थेंब हातावरून सोडिला ह्मणजे लागलाच खालीं पडतो, ह्मणून त्यास वजन असलें पाहिजे. शिवाय असल्या कांहीं हजार थेंबांनीं पेला भरतो, आणि जर १००० थेंबांचें कांहीं वजन भरतें, तर प्रत्येक थेंबाचें वजन त्याचा हजारावा हिस्सा भरलें पाहिजे. वजन उचलण्यास जो जोर लागतो असें वाटतें, त्यानें वजनाचें मान स्थूलमानानें समजतें. परंतु लहान वजनाची या रीतीनें बरोबर तुलना करितां येत नाहीं; आणि वजनें फारच लहान असलीं तर तीं या रीतीनें लक्षांतही येत नाहींत. वजनाची बरोबर कल्पना येण्यास बरोबर रीतीनें वजनें

मापण्याकरितां जें एक यंत्र केलेलें असतें, तें आपणास घेतलें पाहिजे.

## २१. वजनें मापणें. तराजू.

या यंत्रास तराजू किंवा कांटा ह्मणतात. हा कांटा प्रत्येक किराणा जिन्नस विकणाराच्या दुकानीं आपण पाहतों. या यंत्रांत एक दांडी असून ती तिच्या मध्यावर बसविलेल्या एका टेंकूवर फिरती असते, आणि तिच्या दोहों टोंकांस दोन पारडीं टांगलेलीं असतात. जेव्हां दोन्हीं पारडीं रिकामीं असतात, तेव्हां दांडी क्षितिज पातळीशीं समांतर असते. परंतु ज्यास वजन आहे असा एखादा पदार्थ एका पारड्यांत घातला तर तें पारडें खालीं जातें, आणि दुसरें वर उचलतें. आतां जर रिकामें पारडें खालीं ओढिलें, तर पुनः दांडीस क्षितिज पातळीशीं समांतर करितां येतें. या स्थितींत आणण्यास जो जोर लागतो, तो दुसऱ्या पारड्यांत असलेल्या पदार्थाचें वजन जसें जास्त असेल, त्या मानानें जास्त लागतो. एका पारड्यांत जर एक औंसाचें वजन घातलें तर दुसरें पारडें बोटानें दाबून त्या वजनास सहज उचलितां येतें. एक अच्छेराचें वजन घातलें तर याहून जास्त जोर लागतो; दाहा पौंडांचें घातलें तर साऱ्या बाहूंचा जोर लावावा लागतो; २५ शेरांचें वजन उचलण्यास याहूनही जास्त जोर करावा लागतो, आणि २ हंड्रेडवेटांचें ह्मणजे ११२ शेरांचें वजन एका पारड्यांत घातल्यास रिकाम्या पारड्यावर आपला सारा जोर घातला तरी दुसरें पारडें हालणार नाहीं.

असें समजूं कीं, रिकाम्या पारड्यावर नुसतें हातानें न दाबितां ज्यास वजन आहे असा तुकडा त्यांत घातला, तर दुसऱ्या पारड्यांतील पदार्थाच्या वजना इतकें हें वजन झालें कीं, लागलीच

दांडी क्षितिज पातळीशीं समांतर होईल. याचा अर्थ असा कीं, पृथ्वीच्या मध्याकडे जाण्याचा एका पारड्याचा जितका कल आहे, तितकाच आतां दुसऱ्या पारड्याचाही आहे. आणि ज्यापेक्षां एकाही पारड्यास दुसऱ्यास वर उचलल्याशिवाय खालीं जातां येत नाहीं, त्यापेक्षां तीं एकमेकांस समतोल धरितात, असें ह्मटलें पाहिजे. ज्यांचा जोर सारखा आहे, अशीं दोन मुलें एकमेकांस ओढूं लागलीं असतां ज्याप्रमाणें तीं हालत नाहींत, त्यासारखाच हा प्रकार घडतो. जों पर्यंत परस्पर उलट दिशांच्या ओढी सारख्या असतात, तों पर्यंत एकाही मुलास हालतां येत नाहीं. परंतु जर एकास थोडा जास्त जोर करितां आला, तर त्यास लागलेच दुसऱ्यास ओढतां येतें.

**२२. समान स्थितींत समान आकाराच्या पाण्याचें वजन नेहमी सारखें असतें. पिंड किंवा द्रव्यसमुच्चय. दार्ढ्य.**

दोहों पारड्यांत छेद किंवा भाग पाडलेलीं अशीं दोन काचेचीं मापें घालूं; आणि पारड्यांस बरोबर समतोल करूं. जर ताजवा चांगला असला, तर एका मापांत पाण्याचा नुसता थेंब घातला तरी सुद्धां तें पारडें खालीं जाईल, आणि त्या थेंबास वजन आहे, हें व्यक्त होईल. सारख्या भागांचे छेद पाडलेलीं जर दोन्हीं मापें असलीं, तर एका मापांत जेवढ्या आकाराचें पाणी घालूं तेवढेंच बरोबर दुसऱ्या मापांत घातलें तर मात्र दांडी पातळींत येईल, ह्मणजे क्षितिजपाताळीशीं समांतर होईल. यावरून हें उघड दिसतें कीं, **समान स्थितींत समान आकाराच्या पाण्याचें वजन नेहमीं सारखें असतें.**

अठराव्या कलमांत असें सांगितलें कीं, पदार्थांचा एकमेकां-

कडे जाण्याचा कल असतो, आणि त्यांचा वेग त्यांच्या द्रव्यसमुच्चयाच्या उलट प्रमाणांत असतो. आतां द्रव्यसमुच्चयाचें मान कसें काढावें? विवक्षित पदार्थ जी जागा व्यापितो त्या जाग्यावरून ह्मणजे त्याच्या आकारमानावरून, किंवा त्याच्या वजनावरून त्या पदार्थांतील द्रव्यसमुच्चयाचें मान काढावें हें आपणास समजलें पाहिजे. तुह्मास पुढें लवकरच समजेल कीं, ज्याप्रमाणें विवक्षित पदार्थावर दुसऱ्या पदार्थाचा दाब ज्या मानानें कमी जास्ती पडतो, आणि मुख्यत्वें ज्याप्रमाणें त्यांच्या उष्णमानांत फेरफार होतो, त्याप्रमाणें सर्व पदार्थांचे आकार नेहमी बदलतात. परंतु पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर विवक्षित ठिकाणीं एकाच पदार्थाचें वजन नेहमीं सारखें असतें; तें कधीं बदलत नाहीं. ह्मणून पदार्थांतील द्रव्यसमुच्चय मापण्यास पदार्थाचें वजन हें आपणास प्रमाणभूत घेतां येईल. आतां हें उघड आहे कीं, एखाद्या पदार्थाचें दुसऱ्या एवढेंच वजन असून त्याचा आकार मोठा असला, तर त्या आकाराच्या मानानें त्यांतील द्रव्य कमी असलें पाहिजे; व आकार लहान असला तर द्रव्य जास्त असलें पाहिजे. वजन आणि आकार या दोहोंमधील प्रमाणावरून आपणास त्या पदार्थाचें **दाढर्य** समजतें.

आतां जें पाण्यास लागू आहे, तेंच दुसऱ्या सर्व द्रव्यमय पदार्थांस लागू आहे. ताजव्याच्या पारड्यांतील पाणी ओतून त्यांत शिसें घातलें, तर शिशाचा तुकडा बेतानें कापून दांडीस समतोल करितां येईल. असें झालें ह्मणजे दुसऱ्या पारड्यांतील

१. विवक्षित काळांत पदार्थ जितक्या अंतरांतून चलन पावतो, यावरून त्याचा वेग मापितात. दोहों पदार्थांपैकीं एक पदार्थ दर सेकंदास १ फूट अंतर चालतो, आणि दुसरा २ फूट चालतो, तर दुसऱ्याचा वेग पहिल्याहून जास्त आहे, असें ह्मणतात.

पाण्याचें बरोबर वजन शिशाचा तुकडा दर्शवील; आणि जे लोखंडाचे किंवा पितळेचे तुकडे शिशाच्या तुकड्यास समतोल धरितील, त्यांचेही पाण्याइतकेंच वजन असेल; किंवा शिशाइतकें असेल; किंवा त्यांचीं वजनें परस्पर बरोबर असतील. परंतु शिसें, लोखंड आणि पितळ यांच्या तुकड्यांचे आकार त्यांस समतोल धरणाऱ्या पाण्याच्या आकारापेक्षां पुष्कळ कमी असतील. यावरून असें आपणास समजलें कीं, या धातूंची दार्ढ्यें, किंवा समान आकारांत असणारा द्रव्यसमुच्चय पाण्यापेक्षां पुष्कळ जास्त असला पाहिजे.

व्यापारी लोक ज्यांस **वजनें** ह्मणतात, तीं शिसें, लोखंड किंवा पितळ यांचीं केलेलीं असतात; आणि त्यांचीं वजनें विवक्षित स्थितींत असलेल्या ह्मणजे पाण्याचें उष्णमान ६२° फा. असतां विवक्षित आकाराच्या पाण्याच्या वजनाबरोबर असतात. या मानानें एक ग्यालनें पाण्याचें वजन १० पौंड ह्मणजे ५ पक्के शेर भरतें; ह्मणून एक पैंटभर पाण्याचें वजन १$\frac{1}{8}$ पौंड ह्मणजे अच्छेर नवटाक भरेल.

**२३. समान स्थितींत निरनिराळ्या पदार्थांच्या समान आकारांचीं वजनें भिन्न असतात; ह्मणजे भिन्न भिन्न पदार्थांचीं दार्ढ्यें भिन्न भिन्न असतात.**

ज्या महत्त्वाच्या गोष्टीचें वर दिग्दर्शन केलें, त्याचा पूर्णपणें विचार केला पाहिजे. १ पैंट मापाच्या पोकळींत १। पौंड वजनाचें पाणी मावतें, आणि ही पोकळी त्या वजनाच्या पाण्याचें आकारमान किंवा आकार दर्शवितें. परंतु जर पाण्याच्या ऐवजीं १। पौंडाचें धातूचें वजन घेतलें, आणि त्यास पैंटच्या मापांत घातलें, तर त्यानें तें माप न भरतां मापाच्या पोकळीं-

बाजारी थोरल्या चार शिशाचा एक ग्यालन होतो व एका शिशांत दोन पैंट पाणी मावतें.

तील अगदीं थोड्या जाग्यांत तें वजन राहील. ह्मणजे १। पौंड शिसें, लोखंड, किंवा पितळ यांचें आकारमान तेवढ्याच वजनाच्या पाण्याच्या आकारमानापेक्षां फार कमी असेल. याचा अर्थ असा झाला कीं, पाण्याहून धातूचें दार्ढ्य जास्त आहे. ह्मणजे धातूच्या तेवढ्याच आकारमानांत जास्त द्रव्यसमुच्चय असतो, किंवा त्याचें वजन जास्त असतें. याच गोष्टीची प्रतीति आपण दुसऱ्या रीतीनें पाहूं. आरंभींचा पेला घेऊन तो अर्धा पाण्यानें भरूं, आणि पाण्याच्या सपाटीबरोबर पेल्यावर खूण करूं. नंतर त्यास ताजव्याच्या एका पारड्यांत घालूं, व दुसऱ्या पारड्यांत वजनें घालून त्यास समतोल करूं. नंतर पाणी ओतून टाकून व पेल्यास पुसून त्यांत पूर्वी केलेल्या खुणेपर्यंत जपून बारिक वाळू भरूं. आतां या वाळूचा आकार पाण्याच्या आआकारा एवढाच आहे. परंतु आतां तीच वजनें या वाळवेस समतोल धरणार नाहींत. वाळवेस समतोल धरण्याकरितां दुसऱ्या पारड्यांत जास्त वजनें घालावीं लागतील. ह्मणून वाळू तेवढ्याच आकाराच्या पाण्यापेक्षां अधिक जड आहे, हें सिद्ध झालें. पेल्यांतील वाळू टाकून त्यांत त्याच प्रमाणें लांकडाचा भुसा भरावा ह्मणजे त्यास समतोल धरण्यास पाण्यापेक्षां कमी वजनें लागतात, असें दिसून येईल. यावरून लांकडाचा खीस तेवढ्याच आकाराच्या पाण्याहून हलका असतो, असें सिद्ध होतें. याच प्रमाणें मद्यार्क आणि तेल घेऊन प्रयोग केले असतां ते पाण्याहून हलके आहेत, असें दिसून येईल. परंतु काकवी आणि पारा घेतल्यास काकवी पाण्याहून जड असते, आणि पारा तर फारच जड असतो, असें अनुभवास येईल.

**२४. जड आणि हलका या शब्दांचे अर्थ; विशिष्ट गुरुत्व.**

**जड** आणि **हलका** या शब्दांचा फारसा विचार न करितां हवा तसा आपण उपयोग करितों. ज्यास सहज उचलतां येतें त्यास हलका, आणि ज्यास उचलण्यास जोर लागतो त्यास जड असें आपण ह्मणतों. वाळू वाऱ्यानें उडून जाते, ह्मणून तिला आपण हलक्या पदार्थांत गणितों, आणि लांकडाच्या तुळीस जड पदार्थांत गणितों. परंतु आतांच आपण पाहिलें कीं, तेवढ्याच आकाराच्या लांकडापेक्षां वाळू जड आहे. हा दुटप्पी व संदिग्ध अर्थ टाळण्याकरितां विवक्षित उष्णमानावर आणि विवक्षित दाबाखालीं असलेल्या विवक्षित आकाराच्या पाण्याच्या वजनाशीं तेवढ्याच आकाराच्या घन किंवा पातळ पदार्थाच्या वजनाचें जें प्रमाण असतें, त्यास **विशिष्टगुरुत्व** असें नांव देतात. पाण्याचें विशिष्टगुरुत्व एक कल्पून, पाण्याएवढ्याच आकाराच्या दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचें वजन दुप्पट असलें तर त्याचें विशिष्टगुरुत्व २; तिप्पट असलें तर ३; साडेचारपट असलें तर ४.५; याप्रमाणें विशिष्टगुरुत्वें समजतात. यावरून कोणत्याही पातळ किंवा घन पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व त्याच स्थितींत असलेल्या पाण्याच्या संबंधानें त्याचें दार्ढ्य दर्शवितें. लांकडाचा भुसा, तेल, आणि मद्यार्क यांचीं विशिष्टगुरुत्वें पाण्याहून कमी असतात, आणि काकवी, वाळू व पारा यांचीं जास्त असतात. या अर्थानें पहिले तीन पदार्थ हलके, आणि दुसरे तीन पदार्थ जड आहेत.

**२९. ज्या पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व पाण्याहून जास्त असतें, ते पाण्यांत बुडतात, आणि ज्यांचें विशिष्टगुरुत्व कमी असतें, ते पाण्यावर तरतात.**

पाण्यानें भरलेले दोन पेले घ्या. एकांत थोडी वाळू किंवा लोखंडाचा कीस टाका, व दुसऱ्यांत लांकडाचा भुसा टाका;

आणि काय परिणाम घडतो, तें पहा. वाळू आणि लोखंडाचा कीस बुडून तळाशीं जातात, परंतु लांकडाचा भुसा पाण्यावरच तरतो. पाण्यांत त्यांस हवेंतसें ढवळून पाहिलें तरी पहिले दोन तळीं जाऊन पडतील, आणि तिसरा नेहमीं वर येईल. यावरून पाण्याहून जो हलका आहे तो तरतो, आणि जो जड आहे तो बुडतो, हें उघड झालें. तसेंच पाण्यांत जर थोडें तेल ओतलें, तर तें तरतें; थोडा रंगविलेला मद्यार्क जपून ओतला, तर तोही तरतो; परंतु काकवी आणि पारा लोखंडाच्या किसाप्रमाणें तळीं जातात.

पाण्याहून लोखंड जड आहे, ह्मणून लोखंडाचा कीस पाण्यांत बुडतो, असें आपणास समजलें. ज्याचे डबे करितात, तसल्या कल्हई केलेल्या लोखंडी पत्र्याचा तुकडा घेऊं आणि त्यास पाण्यांत टाकिलें असतां काय परिणाम घडतो, तें पाहूं. तेवढ्याच आकाराच्या पाण्यापेक्षां हा जड आहे, ह्मणून हाही पाण्यांत बुडतो.

आतां असल्याच कल्हई केलेल्या पत्र्याचा डबा घेऊन त्यास पाण्यांत टाकिलें तर तो त्यांत न बुडतां बुचाच्या हलक्या तुकड्याप्रमाणें पाण्यावर तरतो. ही मात्र विचार करण्यासारखी गोष्ट आहे. लोखंड पाण्याहून जड आहे, अशी आपली नुकतीच खात्री झाली असून हा लोखंडी डबा पाण्यावर तरतो! तेव्हां साधारण नियमास हा अपवाद आहे कीं काय? परंतु हा अपवाद नाहीं. जो पदार्थ तेवढ्याच आकाराच्या पाण्यापेक्षां हलका असतो, तो पाण्यावर तरतो, असें जें आपण स्थापित केलें, तें सत्य आहे. आतां या डब्याचें आपण वजन करूं, आणि तेवढ्याच आकाराच्या पाण्याचेंही वजन किती भरतें, तें पाहूं. हें सहज करितां येतें. कारण डब्याच्या बाजू ह-

तक्या पातळ आहेत कीं, डब्याची आंतील पोकळी बहुतेक सर्व डब्याच्या आकारा जवळजवळ आहे, असें ह्मणतां येईल. ह्मणून जर डब्यांत पाणी भरून त्याचें वजन केलें तर डब्याच्या आकारा एवढ्याच पाण्याचें जवळजवळ वजन आपणास समजेल. असें करून पाहिलें ह्मणजे डब्यांतील पाण्याचें वजन डब्यापेक्षां पुष्कळ जास्त भरतें, असें दिसून येईल. वास्तव जरी डबा लोखंडाचा केला आहे, तरी तो तेवढ्याच आकाराच्या पाण्यापेक्षां वास्तविक हलका आहे, ह्मणून तो पाण्यावर तरतो.

लोखंडी पत्र्यांचीं मोठमोठीं तारवें हल्लीं फार करितात, हें सर्वांनीं ऐकिलें असेल. लोखंडाचे जाड पत्रे मोठमोठ्या खिळ्यांनीं एकत्र जोडून तारवें करितात, व त्यांचें वजन हजारों खंडी असतें; तथापि तीं पाण्यांत बुडून तळाशीं जात नाहींत, याचें कदाचित फार आश्चर्य वाटेल. परंतु हीं तारवें केवळ वरच्या डब्यासारखींच फार मोठीं केलेलीं असतात, व त्यांच्या एवढ्याच आकारमानाच्या पाण्यापेक्षां हीं हलकीं असतात, ह्मणून तरतात.

आपल्याहून हलक्या पदार्थास उचलून धरण्याचा पाण्याच्या आंगीं धर्म आहे, आणि त्याच्या कणांच्या आंगीं सहज चलन पावण्याचाही धर्म आहे. ह्मणून समुद्र, नद्या आणि कालवे यांवरून मनुष्यांचें मोठें दळणवळण चाललें आहे.

तारूं व त्यांत घातलेले पदार्थ या दोहोंचें वजन तेवढ्याच आकाराच्या पाण्याच्या वजनापेक्षां कमी होण्याजोगें जर तारवाचें आकारमान मोठें केलें, तर पदार्थ कितीही जड असले तरी त्यांस पाण्यावर तरंगवितां येणार नाहीं, असें होणार नाहीं. याप्रमाणें मोठें वजन एकदां तरंगूं लागलें ह्मणजे पाण्याचे कण सहज चलन पावत असल्यानें वाऱ्याच्या किंवा

वळ्यांच्या जोरानें त्यास पाण्यांतून एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं नेतां येतें.

**२६. पाण्यावर तरंगणारा पदार्थ पाण्याच्या सपाटी खालीं इतका बुडालेला असतो कीं, बुडालेल्या भागाच्या आकारा एवढ्या पाण्याचें वजन त्या पदार्थाच्या वजना इतकें असतें; ह्मणजे आपल्या वजना एवढ्या वजनाच्या पाण्यास तो पदार्थ दूर करितो.**

एक घनइंच पाण्याचें वजन सुमारें २५२$\frac{1}{2}$ ग्रेन असतें. मागील प्रयोगांतील पत्र्याचा डबा हमचौक असून त्याची आंतील पोकळी १०० घनइंच असेल तर १०० घनइंच पाण्याचें वजन २५,२५० ग्रेन होईल. जर डब्याचें वजन ८४१६ ग्रेन असलें, तर त्याच्या आकाराचा तिसरा हिसा पाण्यांत बुडेल. जर त्याचें वजन १२,७२५ ग्रेन असलें, तर अर्धा डबा बुडेल, आणि १६,८३२ ग्रेन असलें तर $\frac{2}{3}$ डबा बुडेल. पाण्यावर डबा तरंगत असतां पाण्यांत बुडालेल्या भागावर ह्मणजे पाण्याच्या सपाटीबरोबर डब्याच्या बाजूवर खुणा केली, तर पाण्याच्या खालीं डब्याचा आकार किती आहे, हें काढितां येईल. असें समजूं कीं, तो आकार ३० घनइंच आहे. तर डब्याचें वजन ३०×२५२$\frac{1}{2}$ किंवा ७,५७५ ग्रेन असेल. ह्मणून तरंगणाऱ्या पदार्थाचा बुडालेला भाग, तो पदार्थ जितकें पाणी दूर करितो त्याच्या जागीं असतो, आणि जणूं काय त्याचा दर्शकच असतो, असें ह्मणतां येईल. तरंगणाऱ्या डब्यास जर खालीं दाबिलें तर तो खाली जातांना त्यास पाणी बराच प्रतिबंध करितें, ह्मणजे त्यास पाण्यांत बुडविण्यास बेराच जोर करावा लागतो; आणि त्यावरील दाब काढतांच लागलाच तो पुनः वर येतो. ह्मणून तरणाऱ्या पदार्थाच्या बुडावर वरऱ्या आंगानें पाण्याचा

दाब असतो, हें उघड आहे. तसाच त्याच्या बाजूंवरही पाण्याचा दाब असतो. कारण जर डब्याच्या बाजू फार पातळ असल्या तर त्या या पाण्याच्या दाबानें आंतल्या बाजूस वळतील. पातळ अशा पत्र्याच्या केलेल्या रिकाम्या कुपीस गच्च बूच बसवून तिला खोल पाण्यांत बुडविलें, तर बूच तरी आंत जाऊन तींत पाणी शिरेल, किंवा कुपी चेपून जाईल.

**२७. पाण्याचा दाब चहूंकडे ह्मणजे सर्व दिशांनीं पडतो.**

पाण्यांत बुडविलेल्या पदार्थावर याप्रमाणें पाण्याचा दाब सर्व बाजूंनीं पडतो.

जर एक लांब लांकडी किंवा धातूची नळी घेतली व तिच्या तळच्या भोंकांत किंचित् सैल असें बूच बसविलें, आणि तींत वरुन पाणी ओतलें, तर बुचावरील पोकळी प्रथम पाण्यानें भरेल आणि त्या पाण्याच्या वजनाचा बुचावर कांहीं दाब पडेल. नळीस बूच न घालतां जर हाताच्या तळावर नळी गच्च धरिली आणि पाणी ओतीत गेलें, तर पाण्याचा जो हातावर दाब पडेल त्यास तोलून धरण्यास कांहीं जोर करावा लागेल. नळींत जसजसें जास्त पाणी जमत जाईल, तसतसा दाब अधिकाधिक वाढत जाऊन नळी बरीच लांब असली, तर शेवटीं त्या दाबानें हात निसटेल, किंवा बूच असलें तर तें निघेल, आणि पाणी जमिनीवर पडेल. याठिकाणीं पाण्याच्या वजनाइकातच दाब असतो, आणि तेवढ्याच वजनाचा जर शिशाचा गज नळींत घातला, तरीही याचप्रमाणें बूच निघून जाईल.

असें समजूं कीं, नळी चौकोनी आहे, आणि तिची आंतील चौकोनी पोकळी १ चौरस इंच आहे. तर नळीच्या एक इंच उंचींत बरोबर १ घनइंच पाणी मावेल. १ घनइंच पाण्याचें

वजन २५२$\frac{१}{२}$ ग्रेन असतें, ह्मणून सुमारें २७$\frac{१}{२}$ इंच उंचीच्या नळींत जें पाणी मावेल त्याचें वजन जवळजवळ १ पौंड (७,००० ग्रेन) भरेल; आणि १५ पौंड वजनाच्या पाण्यानें असली ३३ किंवा ३४ फूट उंचीची नळी भरेल. २७$\frac{१}{२}$ इंच उंचीच्या आणि ३४ फूट उंचीच्या जलस्तंभांचे दाब हीं वजनें दर्शवितात. आणि ज्यावर हे स्तंभ टेंकले असतील, त्याच्या पृष्ठभागाच्या दर चौरस इंचावरील दाब मोजणारीं हीं वजनें अनुक्रमें मापें होत.

शिशाचें विशिष्टगुरुत्व ( कलम २४ ) ११·४५ आहे. ह्मणजे पाण्याच्या सुमारें ११॥ पट शिशाचें दार्ढ्य आहे. ह्मणून जर एक इंच हमचौक जलस्तंभाच्या उंचीच्या $\frac{१}{११}$ उंचीपेक्षां किंचित् कमी उंचीची एक इंच औरस चौरस शिशाची कांब घेतली आणि पाण्याच्या ऐवजीं नळींत घातली, तर तळावर तिचा दाब पाण्या एवढाच पडेल. पाणी व शिसें यांमध्यें दुसरा एक भेद आहे, तो स्पष्ट करण्याची हीच वेळ आहे. पाणी प्रवाही किंवा पातळ आहे, आणि शिसें घन आहे. नळीच्या बाजूंवर शिशाचा दाब नसतो, परंतु पाण्याचा असतो. तळाजवळ नळीच्या बाजूवर एक छिद्र पाडिलें आणि तें बुचानें बंद केलें तर त्यावर शिशाचा दाब पडणार नाहीं. परंतु पाण्याचा स्तंभ बराच उंच असला तर पूर्वीच्या इतक्या जोरानें पाण्याच्या दाबामुळें बूच बाहेर निघेल. ह्मणजे तळावर पाण्याचा जितका दाब असतो, तितकाच बाजूवर असतो. लांकडी नळीच्या बाजूंत बुचानें एक काटकोनाकार वांकविलेली लांब कांचेची नळी बसवून या गोष्टीची प्रचीति सहज पाहतां येते. या वांकड्या नळीच्या उभ्या भागांत, लांकडी नळींत ज्या उंचीवर पाणी असेल तितक्या उंचीवर या नळींतही चढेल. या वरून पाण्याच्या कोणत्याही बिंदूवर वरून खालीं जितका दाब

असतो, तितकाच दाब बाजूच्या त्या बिंदूवर असतो, हें उघड आहे. कारण लांकडी नळींतील पाण्याचा बाजूवर बाहेरच्या आंगानें जितका दाब असतो, तितकाच दाब नळींतील उभ्या स्तंभाचा आंतल्या बाजूकडे असतो. ह्मणून हे दोन्ही दाब समतोल असतात; तोटीच्या भांड्यांत जितक्या उंचीवर पाणी असतें, तितक्याच उंचीवर तोटींतही नेहमीं असतें.

जर एक कांचेची नळी घेऊन या U प्रमाणें वांकडी वांकविली आणि तींत पाणी ओतलें, तर नळी कशीही वांकविलेली असली, आणि वांकविलेले भाग कसेही लहानमोठे असले, किंवा त्यांचा कल कसाही असला, तरी दोहों नळ्यांत पाणी नेहमीं सारख्या उंचीवर राहील.

असें अवश्य असलेंच पाहिजे. कारण वांकड्या नळीच्या निम्मे भागांतून ज्या जोरानें पाणी दुसऱ्या भागांत जातें तो जोर, पाणी जाण्याच्या द्वारावर पाण्याच्या पृष्ठभागाची लंबोत्तर उंची[१] जेवढी असेल, त्यावर अवलंबून असतो. ह्मणून तेवढ्याच उंचीचा केवढाही स्तंभ असला तरी त्यानें यास समतोल धरिलें पाहिजे.

पाण्याचा स्तंभ, त्याच्याशीं ज्या दुसऱ्या स्तंभाचा संबंध झालेला आहे त्याच्या उंची इतकाच नेहमीं असतो; दोहों तोंडांनीं उघडी अशी एक कांचेची नळी पाण्याच्या भांड्यांत बुडवून वरील गोष्ट सहज रीतीनें दाखवितां येते. नळी कशीही कलती धरिली, किंवा वांकविलेली असली, व तिचें पाण्यां-

१. पाण्याच्या पृष्ठभागापासून पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत काढलेली जी लंब रेषा त्या रेषेंत मोजलेली जी उंची ती लंबोत्तर उंची होय. दोरीच्या एका शेवटास एक वजन अडकवून त्यास दुसऱ्या शेवटानें टांगून धरिलें ह्मणजे तो ओळंबा होतो. हा ओळंबा पाण्याच्या पृष्ठभागावर धरिला ह्मणजे दोरीची दिशा लंबोत्तर उंची दर्शविते.

तील तोंड रुंद किंवा अरुंद असलें, तरी नळींतील पाणी बाहेरच्या पाण्या इतक्याच उंचीवर असतें. तथापि कांचेच्या नळीच्या ताठ बाजू तळाशिवाय इतर भागीं नळींतील पाण्याच्या स्तंभास बाहेरील पाण्यापासून अगदीं अलग ठेवितात. कित्येक मोठ्या शहरीं प्रत्येक घरीं नळानें पाणी नेलेलें असतें, आणि अगदीं वरच्या मजल्यावरसुद्धां तोटींतून पाणी घेतां येतें. घराच्या माथ्यावर हौद असून त्यांतील पाणी नळ्यांनीं जिकडे तिकडे खेळविलेलें असतें[१]. रस्त्यामध्यें पाण्याचा मोठा नळ असतो, आणि त्यांतून धाकट्या नळीनें या हौदांत पाणी घेतलेलें असतें. या हौदांत पाणी पोंचेपर्यंत नळी अनेक ठिकाणीं हवी तशी वांकविलेली असते. रस्त्यांतील नळ कसा आलेला असतो हें जर पाहिलें, तर पाण्याच्या मूळठिकाणाहून निघाल्यापासून या हौदास पोंचेपर्यंत रस्त्याच्या जमिनीखालून व फरशीखालून वगैरे वरखालीं होत लांबचलांब तो नळ आलेला असतो. मूळठिकाणीं मोठा नळ तळ्याशीं किंवा मोठ्या टांक्याशीं जोडलेला असतो; आणि हें स्थान शहरांत ज्या ठिकाणीं पाणी न्यावयाचें असतें, त्याहून जास्त उंचीवर स्वाभाविकच असतें. असें नसलें तर बंबानें इतक्या उंचीवर पाणी चढवून नंतर नळांत घेतलेलें असतें. याप्रमाणें मूळचें टाकें किंवा तळें, त्यांतून शहरांत पाणी आणणारा नळ, आणि त्यापासून घरांत गेलेल्या नळ्या, या सर्वांस मिळून एका मोठ्या U अशा वांकड्या नळीचा आकार आलेला असतो, आणि यामुळें घरांत खेळलेल्या नळीमध्यें मूळच्या टाक्यांतील किंवा तळ्यांतील

---

१. छोट्या घरांत दोनचार ठिकाणीं पाणी नेण्यास अशा हौदाची जरूरी नसते. परंतु मोठमोठ्या वाड्यांत पुष्कळ ठिकाणीं पाणी खेळवावयाचें असतें तेव्हां असा हौद लागतो. भाषांतरकार.

पाण्याच्या उंची इतकें पाणी चढलेलें राहतें. ह्मणून पाणी घे-ण्याची तोटी उघडतांच पाणी वाहूं लागतें.

**२८. वाहत्या पाण्यानें दुसऱ्या पदार्थास गति मिळणें. वाहत्या पाण्याचें चालकत्व.**

असें समजूं कीं एक लांकडी हौद असून त्याला बुडाजवळ भोंक पाडलें आहे, व त्यांत एक चौरस इंच क्षेत्राची किंवा जिचें छिन्न एक चौरस इंच आहे, अशी एक आडवी नळी बसविली आहे, आणि लांकडी हौदांत १०० इंच उंचीपर्यंत पाणी भरलें आहे. आतां आडव्या नळीचें मळसूत्र बंद केलेलें असलें तर नळीच्या छिन्नाच्या क्षेत्रावर ( हें क्षेत्र १ चौरस इंच आहे ) २५,२५० ग्रेनांचा किंवा सुमारें ३॥ पौंडांहून थोडा जास्त दाब पडेल. हौदाच्या तळाच्या दर चौरस इंचावरही इतकाच दाब असतो.

आतां जर मळसूत्र फिरविलें तर त्याच्या आंतील बाजूवर जो पाण्याचा दाब आहे, त्यास बाहेरून कोणी तोलून धरण्यास नसल्यामुळें त्या दाबानें त्यास गति मिळते, आणि त्याचा प्रवाह वाहूं लागतो. प्रथमतः पाण्याची धार जोरानें बाहेर पडून लांब अंतरावर जाते. कारण १०० इंच उंच पाण्याच्या स्तंभाच्या वजनाच्या जोराचें त्यावर कार्य घडतें. ह्मणजे मळसूत्रा जवळच्या पाण्यास गति देण्यास हें कारण असतें, ह्मणून तें पाणी जोराच्या मानानें जास्तकमी वेगानें आडवें उडतें.

१. नळीस आडवें कापिलें असता त्या ठिकाणचा जो पृष्ठभाग पोकळीनें व्यापिलेला असतो, त्यास छिन्न ह्मणतात. बंदुकीच्या नळींत दारू ठसवण्याकरितां जाड कागदाच्या चकत्या घालतात, तसल्या चकत्या नळींत उतरण्याजोग्या मात्र कापलेल्या असल्या ह्मणजे अशा चकत्यांचा पृष्ठभागही छिन्न किंवा त्यानें क्षेत्र दर्शवील.

आतां आपण जर खेळण्याचा लहानसा चेंडू घेऊन या ओघांत धरिला, तर तो पाण्याच्या स्रोता बरोबर त्याच दिशेस चलन पावेल. वरील चेंडू आरंभीं जरी स्थिर आहे, तरी गति मिळाल्यास चलन पावण्यास मोकळा आहे; आणि वाहत्या पाण्याच्या चालकत्वामुळें त्याच्या आंगीं चेंडूस गति देण्याची शक्ति आहे. पाण्याच्या प्रवाहाचा जसा समुच्चय मोठा असेल, आणि ओघाचा वेग जसा जास्त असेल, त्या मानानें चेंडूस जास्त गति मिळेल किंवा जास्त वजनाचा चेंडू चलन पावेल. आडव्या नळीच्या अगदीं तोंडापाशींच प्रवाहाची दिशा आडवी असते; परंतु पाण्याची धार लवकरच खालीं वळते, आणि वक्र होऊन जमिनीवर पडते. ज्याप्रमाणें दगड आडवा फेंकला असतां तो वक्र रेषेनें जमिनीवर पडतो, त्याचप्रमाणें व त्याच कारणानें पाण्याची धारही वक्र रेषेनें खालीं पडते. वास्तविक ह्मटलें ह्मणजे ही पाण्याची धार ह्मणजे तेवढें पाणी आडवें फेंकलें आहे, असें समजण्यास हरकत नाहीं.

याचीं कारणें दोन आहेत. ( १ ) प्रथमतः नळींतून पाणी बाहेर पडतांच पाणी या जड पदार्थास आधार नसतो, ह्मणून तें गुरुत्वाकर्षणानें जमिनीवर पडूं लागतें. ( २ ) आणि नंतर ज्या हवेंतून पाणी जात असतें, त्या हवेच्या प्रतिबंधानें पाण्याचें चालकत्व एकसारखें कमी होत असतें. आपल्या सभोंवतालची हवा इतकी पातळ व चल आहे कीं, तिचें अस्तित्व साधारणपणें आपल्या लक्षांत येत नाहीं. तथापि तिजमध्यें जे पदार्थ चलन पावतात, त्यांस ती प्रतिबंध करिते, हें आपणास सहज पाहतां येतें. उदाहरणार्थ पंख्यानें वारा घेत असतां आपणास पंखा फिरविण्यास नेहमीं कांहीं जोर करावा लागतो. पाण्यास हा हवेचा प्रतिबंध अतिक्रमण करावयाचा असतो, ह्मणून त्या मानानें त्याचें चालकत्व कमी होत जातें.

नळींतून पाणी बाहेर पडतें तेव्हां जर हवा आणि गुरुत्वाकर्षण या दोहोंचीं कार्यें बंद झालीं, तर पाण्याचें चालकत्व कमी न होतां पाणी तसेंच सरळ दिशेनें एकसारखें पुढें जात राहील.

पाणी जसें पुढें जातें, त्याप्रमाणें त्याच्या ओघाचा वेग कमी होतो, आणि ज्या वक्र रेषेनें तें खाली पडतें, तिची वक्रता अधिकाधिक होत जाऊन पाणी लवकर जमिनीवर पडतें, असें नजरेस येईल. शेवटीं लांकडी हौदांतील पाणी बहुतेक गेलें म्हणजे पाण्याची धार बहुतेक लंबरेषेनें खालीं पडते. याचें कारण असें असतें कीं, पाण्याच्या पृष्ठभागाची सपाटी हळूहळू कमी होत जाऊन नळींतील पाण्यावर ज्या उंचीच्या स्तंभाचा दाब पडत असतो, त्याची उंचीही हळूहळू कमी होते. म्हणून त्याचें वजनही कमी होत जातें. परंतु हें वजन किंवा हा दाब पाण्यास गति मिळण्यास कारण होता, आणि हें कारणच जसें निर्बल होत जातें, त्याप्रमाणें ह्या कारणापासून घडणारें कार्यही कमी झालें पाहिजे. म्हणून पाण्याचें चालकत्व हळूहळू कमी होऊन, ज्याकाळांत तें जमिनीवर पडतें त्याकाळांत तें कमी कमी आडवें दूर जाऊं लागतें आणि शेवटीं त्याची आडवी गति बहुतेक बंद होऊन तें नळींतून उभें खालीं पडूं लागतें.

## २९. वाहत्या पाण्याची कर्तृत्वशक्ति. (कार्यविधायक सामर्थ्य.)

वरील लांकडी हौदाच्या आडव्या नळीस काटकोनाकार वांकविलेला नळीचा लहानसा तुकडा असा बसवावा कीं, त्याचें एक आंखूड टोंक उभें राहील. आतां जर हौद भरून नळीचें मळसूत्र फिरविलें तर पाणी हवेंत वर उडेल, आणि कांहीं उंचीवर जाऊन तें खालीं पडेल. सारांश या रीतीनें कारंजें तयार होईल.

पूर्वी आडवी धार उडत होती, आणि आतां उभी धार उडते, या दोहोंमध्यें भेद काय आहे तो पाहूं. हवेचा प्रतिबंध नाहीं असें कल्पिलें, तर आडव्या नळींतील पाण्याच्या प्रवाहास कोणताही प्रतिबंध नसेल, आणि जर त्याच्या वजनानें त्याच्या प्रवाहास अधिकाधिक पृथ्वीकडे वळून पृथ्वीवर पडूं दिलें नाहीं, तर पाण्याचा प्रवाह सतत आडवा वाहत राहील.

परंतु जेव्हां पाणी उभें वर उडतें, तेव्हां सर्वच प्रकार निराळा असतो. पाणी वर उडूं लागलें ह्मणजे दुसऱ्या कोणत्याही जड पदार्थाप्रमाणें त्याचा कल एकसारखा खालीं पडण्याचा असतो; आणि यामुळें त्याच्या चालकत्वास गुरुत्वाकर्षणाचा प्रतिबंध अतिक्रमण करावा लागतो. वर उडणाऱ्या पाण्यावर दोन परस्पर विरुद्ध अशा प्रेरणांचीं कार्यें होत असतात. त्याचें चालकत्व त्यास वर उडवीत असतें, आणि गुरुत्वाकर्षण त्यास खालीं ओढीत असतें. आतां दोन समान प्रेरणांचें परस्पर विरुद्ध अशा दिशांनीं पदार्थावर कार्य घडलें, तर पदार्थ मुळींच चलन पावत नाहीं; आणि जर दोहोंपैकीं एकीचा जोर जास्त असला, तर मात्र अधिक जोराची प्रेरणा ज्या दिशेस नेईल, त्या दिशेस पदार्थ चलन पावतो.

याच रीतीनें नळींतील पाणी वर उडतें. नळींतील पाण्यास गुरुत्वाकर्षण विवक्षित काळांत, उदाहरणार्थ एका सेकंदांत, जितकें खालीं नेऊं शकतें, तेवढ्याच काळांत ज्या वेगानें तें वर उडत असतें तो वेग जास्त अवकाशांतून वर नेऊं शकतो. ह्मणून नळींतून पाणी निघाल्यावर वर उडतें.

पाण्यावर त्यास खालीं ओढणारें गुरुत्वाकर्षणाचें मुळींच कार्य नसतें, तर या सेकंदांत ज्या अंतरांतून पाणी वर चढलें असतें तें अंतर, आणि पाण्यास वर चढविणारें चालकत्व नसतें

तर ज्या अंतरांतून गुरुत्वाकर्षणानें पाण्यास खालीं नेलें असतें तें अंतर, या दोहोंच्या वजाबाकीएवढ्या अंतरांतून आतां या सेकंदांत पाणी नळींतून वर उडतें; आणि या सेकंदाच्या शेवटीं पाण्याची वर जाण्याची गति किंवा त्याचा वेग त्या मानानें कमी होतो. याप्रमाणें पहिल्या सेकंदांत आपल्या चालकत्वाचा कांहीं भाग गुरुत्वाकर्षणाचा प्रतिबंध अतिक्रमण करण्यास पाण्यास खर्च करावा लागला; परंतु हें कमी झालेलें चालकत्व दुसऱ्या कशानें भरून येत नाहीं; ह्मणून त्याचा वेग कमी होतो. ह्मणजे पहिल्या सेकंदांत जितक्या अंतरांतून पाणी चढून पावलें असेल, त्याहून कमी अंतरांतून दुसऱ्या सेकंदांत चढून पावतें. याप्रमाणें पाण्याचें चालकत्व जरी कमी होतें, तरी त्याचें गुरुत्व किंवा दर सेकंदांत विवक्षित अंतरांतून खालीं पडण्याचा त्याचा कल पूर्वीच्या इतकाच राहतो, आणि दुसऱ्या सेकंदांत त्याचें कार्य पूर्वींच्या सेकंदाइतकेंच घडतें. ह्मणून दुसऱ्या सेकंदांत पहिल्या सेकंदापेक्षां कमी अंतरांतून पाणी वर चढतें, आणि त्याचा वेगही पूर्वींच्यापेक्षां कमी होतो. यास्तव आरंभीं पाण्याचें चालकत्व आणि गुरुत्वाकर्षण या दोहोंमध्यें कितीही अंतर असो तरी अशा स्थितींत अखेरीस गुरुत्वाकर्षणानेंच चालकत्वाचा पाडाव केला पाहिजे. चालकत्व वरचेवर कमी होत जाईल, आणि कांहीं काळानें निराधार पदार्थाच्या स्थितीस पाणी येऊन पावेल; आणि नंतर तें गुरुत्वाकर्षणाच्या अप्रतिबंधित कार्यानें खालीं जाऊं लागेल.

एखादा मुलगा लहानशा ओंखूड वल्ह्यांनीं होडी वल्हवीत असतां जर एखाद्या बळकट मनुष्यानें तिची नाळ धरिली आणि होडीस जोरानें मागें लोटिलें, तर त्या होडीची स्थिति कारंज्याच्या पाण्यासारखी होते. ती प्रथमतः खूप जोरानें

मागें जाते; परंतु मुलगा वल्हीं मारीत असतां होडीची मागें जाण्याची गति दर वल्ह्यास कमी होते. शेवटीं मनुष्यानें ढकलल्यामुळें जें होडीच्या आंगीं चालकत्व आलें होतें, तें मुलाच्या वल्ह्यांनीं जी होडीच्या आंगीं पुढें जाण्याची शक्ति येते, तिला अतिक्रमण करण्यांत सर्व खर्च होतें; आणि कांहीं वेळानें होडी क्षणभर स्थिर होऊन पुनः पूर्ववत् पुढें जाऊं लागते. होडीस मागें ढकलून तिला मागें जाण्याची गति देण्यांत जितका जोर मनुष्यानें खर्च केला असेल, त्या जोरावर होडी ज्या अंतरांतून मागें सरेल तें अंतर अवलंबून राहील. होडीस ढकलल्यामुळें तिजमध्यें जें चालकत्व एकाएकीं आलेलें असतें, तें सर्व मुलाच्या वल्हविण्याच्या शक्तीस हळूहळू काढून घ्यावें लागतें.

ज्या लोकांच्या आंगीं स्नायूंची किंवा दुसरी पुष्कळ शक्ति असते, त्यांस आपण जोरदार किंवा कर्ते असें ह्मणतों. आणि ते ज्या प्रतिबंधास अतिक्रमण करितात, ह्मणजे ते जें **काम** करितात, त्यावरून त्यांच्या **कर्तृत्वशक्तीचें** मान काढितों. वरील उदाहरणांत होडी थांबेपर्यंत जितक्या अंतरांतून ढकलल्यामुळें ती मागें गेली होती, त्या अंतरावरून ढकलणाऱ्या मनुष्याच्या कर्तृत्वशक्तीचें मान निघेल.

कर्तृत्वशक्तीची ह्मणजे काम करण्याच्या सामर्थ्याची ही कल्पना निर्जीव पदार्थांसही सहज लागू करितां येते. जेव्हां गतियुक्त किंवा चल असा एखादा पदार्थ मार्गांतील कांहीं प्रतिबंधाचें अतिक्रमण करितो, आणि येणेंकरून त्याचें चालकत्व कमी होत जाऊन तो अखेरीस स्थिर होतो, तेव्हां त्याच्या आंगीं जोर किंवा **कर्तृत्वशक्ति** आहे, आणि तो **काम** करितो, असें आपणांस ह्मणतां येईल.

वाहत्या पाण्याचीही कर्तृत्वशक्ति याप्रमाणें मापितां येते. ज्या

प्रतिबंधक शक्तीस वाहतें पाणी अतिक्रमण करितें तिचा जोर, आणि त्याची कर्तृत्वशक्ति खलास होईपर्यंत ज्या अंतरावरून तें वाहतें तें अंतर, या दोहोंच्या गुणाकारानें, ह्मणजे तें पाणी स्थिर होईपर्यंत जें काम करितें, त्यानें वाहत्या पाण्याची कर्तृत्वशक्ति मापितां येते. आपण ज्या वाहत्या पाण्याचा विचार करीत आहो त्यांत, ज्या कर्तृत्वशक्तीनें गुरुत्वाकर्षणाचें कांहीं वेळ अतिक्रमण केलें ती कर्तृत्वशक्ति पाण्याच्या प्रवाहाच्या वेगावर अवलंबून असते; आणि हा वेग नळीच्या तोटीवर हौदांत जी पाण्याची उंची असेल, तिजवर अवलंबून असतो. पाण्याची सपाटी जशी खालीं जाते, तशी आडव्या स्रोताची कर्तृत्वशक्ति कमी होते; आणि त्याचप्रमाणें वर उडणाऱ्या पाण्याचीही कमी होते. ह्मणून जसा हौद रिकामा होतो, त्याप्रमाणें पाणी कमी कमी उडत जाऊन शेवटीं अगदीं उडेनासें होतें.

सृष्टीमध्यें फेरफार करणाऱ्या ज्या अनेक शक्ति आहेत, त्यांपैकीं वाहतें पाणी ही एक असून कित्येक प्रसंगीं वाहत्या पाण्याच्या योगानें अत्यंत नाशकारक असे परिणाम घडतात, आणि कित्येक वेळां तीच शक्ति मनुष्यास अत्यंत उपयोगी पडते. पाणी टेंकडीवरून ह्मणजे उंच जाग्यावरून खालीं वाहत असलें ह्मणजे आपण त्यास प्रवाह ह्मणतों, व त्याचा वेग त्याच्या पात्राच्या उतरतेपणावर अवलंबून असतो. पाणी जसजसें खालीं येतें, त्याप्रमाणें त्याचें चालकत्व वाढत जातें. ह्मणून त्याचा जोर किंवा कर्तृत्वशक्ति ही वाढत जाते. यामुळें पर्वतावरून वाहत येणारा प्रवाह पर्जन्यानें किंवा बर्फ वितळल्यानें एकाएकीं फार वाढला, तर तो खडकांस फोडून टाकितो, व त्याच्या मार्गांत जें येईल, त्याचा नाश करितो. समुद्र शांत असला ह्मणजे तो फार निरुपद्रवी दिसतो; परंतु त्याच्या पृष्ठभागावरून मोठा वारा जोरानें

वाहूं लागला ह्मणजे त्याच्या पाण्यास गति मिळते, व तो किनाऱ्यावर भयंकर जोरानें आदळतो, आणि त्याच्या कर्तृत्वशक्तीनें पाण्याच्या मोठ्या लाटा उत्पन्न होतात; आणि त्या कंकर व वाळू यांचे ढिगांचे ढीग किनाऱ्यावर फेंकतात, किंवा त्यांस ढकलीत पुढें नेतात.

सर्व जातींच्या पाणचक्क्यांमध्यें जास्तकमी वेगानें वाहणाऱ्या पाण्याच्या जोराचा किंवा कर्तृत्वशक्तीचाच उपयोग करितात. चाकांच्या परिघांवर बसविलेल्या पोकळ डोलांवर किंवा तरणांवर पाण्याचा प्रवाह वाहूं देतात, यामुळें पाण्याच्या वाहण्यास प्रत्येक डोल किंवा तरण यापासून प्रतिबंध होतो, आणि प्रवाहाची गति त्यास मिळते. तेणेंकरुन तो चलन पावतो, व ज्या चाकास तो अडकविलेला असतो, तें चाक फिरतें. चाक फिरलें ह्मणजे नवा अडथळा पाण्याच्या प्रवाहाच्या मार्गांत येतो. यावर प्रवाहाचें कार्य पूर्ववत् घडून आणखी चाक फिरतें, आणि नवा अडथळा प्रवाहाच्या मार्गांत येऊन पुनः तीच क्रिया घडते. याप्रमाणें पाणचक्कीच्या चाकाच्या परिघावरील प्रत्येक डोल किंवा तरण प्रवाहाच्या कांहीं चालकत्वास धरून पाणचक्कीस देण्यास साधन होतें. ह्मणून पाणचक्की कांहीं नियमित वेगानें फिरत राहते.

परंतु फिरणारी पाणचक्की हा गतियुक्त असा द्रव्यसमुच्चय असतो. ह्मणून तिच्यामध्यें कर्तृत्वशक्तीचा किंवा काम करण्याच्या सामर्थ्याचा सांठा जमलेला असतो. दोरीच्या शेवटास वजन बांधून पाणचक्कीच्या कण्यास ती दोरी बांधिली तर ती दोरी कण्यावर गुंडाळून वजन उचललें जाईल. ह्मणजे तितकें काम चाक फिरण्यानें होईल; आणि येणेंकरून प्रवाहापासून चाकास जी कर्तृत्वशक्ति मिळाली तिचें स्थूलमान समजेल.

पाणचक्कीस जीं दुसरीं यंत्रें जोडलेलीं असतात, तीं केवळ पाणचक्कीच्या चाकांत सांठविलेली कर्तृत्वशक्ति ज्या ठिकाणीं काम करून घ्यावयाचें असेल, त्या ठिकाणीं नेण्याकरितां साधनें असतात. पीठ दळण्याच्या गिरणींत पाणचक्कीच्या चाकापासून अनेक चाकांच्या साधनांनीं जांत्यांस कर्तृत्वशक्ति पोंचविली असते, आणि तेणेंकरून अनेक जांतीं फिरत असतात.

### ३०. पाण्याचे धर्म नित्य व कायम असतात.

जेव्हां जेव्हां पाऊस पडतो, तेव्हां तेव्हां पावसाचें थोडें शुद्ध पाणी धरिलें तर त्याच्या आंगीं वर सांगितलेले सर्व धर्म असतात. हें पाणी दुःसंकोच्य असेल, आणि १ पैंटभर पाण्याचें वजन साधारण उष्णमानावर सुमारें १$\frac{1}{4}$ पौंड भरेल. हें पाणी आफ्रिकेंत, विलायतेंत, किंवा येथें धरिलें, तरी त्यांत हे धर्म असतील. किंवा शंकडों वर्षांपूर्वीं पाणी धरून कुपींत बंद करून ठेविलेलें असलें तरी त्याच्या आंगींही हेच धर्म असतील; तसेंच आणखी १०० वर्षांनीं किंवा १,००० वर्षांनींही पाण्याच्या आंगीं हेच धर्म असतील. यास्तव पावसाच्या पाण्याच्या संबंधानें **सृष्टीचा क्रम कायम असतो**, असें ह्मणतां येईल.

तथापि पाण्याचे धर्म सर्वदां सारखे असतात, असा मात्र या ह्मणण्याचा अर्थ समजूं नये. पाणी ज्या स्थितींत असेल, त्या स्थितीच्या मानानें पाण्याचे धर्म भिन्नभिन्न असतात. परंतु जोंपर्यंत त्याची स्थिति पालटली नाहीं, तोंपर्यंत पाण्याचे धर्म नित्य सारखे असतात. ह्मणून केवळ पाण्याच्या संबंधानें सृष्टीचा क्रम कायम असतो, असें ह्मणण्यास बाध येत नाहीं.

### ३१. पाण्यास जास्त उष्णता लाविल्यानें ह्मणजे त्यास ऊन केल्यानें प्रथमतः त्याचा आकार वाढतो.

अमुक विवक्षित वजनाच्या पाण्याचा आकार एकाच अव-

स्थेंत नेहमीं सारखा असतो, असें आपणास समजलें. ज्या अवस्था पाण्यास प्राप्त होतात, त्यांत उष्ण व थंड या अवस्था अत्यंत महत्त्वाच्या होत. ज्या खोलींत गरम हवा आहे, अशा खोलींतून थंड जागीं पाणी नेलें तर त्याचा आकार लहान होतो, ह्मणजे तें **आकुंचित** होतें. परंतु त्यास आहे त्याहून जास्त उष्ण केलें ह्मणजे त्याचा आकार वाढतो, ह्मणजे तें **प्रसरण** पावतें. पारा, मद्यार्क, व दुसरे सर्व पातळ पदार्थ यांसही ही गोष्ट लागू आहे. उष्णमापक यंत्र हें लांब मानेच्या चंबूचें केलेलें असतें. चंबूच्या जागीं फुगा असतो, व लांब मानेच्या जागीं बारीक भोंकाची लांब नळी असते. फुगा भरून त्यावर थोड्या उंचीपर्यंत नळींत येई इतका यांत पारा भरलेला असतो. फुग्यांतील द्रवरूप पारा उष्ण झाला ह्मणजे तो प्रसरण पावून त्याचा आकार वाढतो, आणि नळींत पाऱ्याची उंची जास्त होते. जर फुग्यांतील द्रवास थंड केलें तर तो आकुंचित होऊन फुग्यांत उतरतो, आणि नळींतील पाऱ्याची उंची कमी होते.

फुगा कढत्या पाण्यांत बुडविला असतां पारा जेथवर चढतो, त्या ठिकाणीं नळीवर किंवा नळीस जोडलेल्या मानपट्टीवर खुणा केली, आणि वितळणाऱ्या बर्फांत फुगा बुडविला असतां जेथवर पारा उतरतो तेथें एक खुणा केली, आणि या दोहों खुणांमधील अंतराचे १८० सारखे विभाग केले तर यांपैकीं प्रत्येक भाग, ज्या फारेनहीट नांवाच्या उष्णमापकाचा साधारण फार उपयोग करितात, त्या उष्णमापकाचा अंश होईल. जर कढण्याच्या बिंदूवर २१२ वा अंश घातला तर थिजण्याच्या बिंदूवर ३२ वा अंश असला पाहिजे. (२१२–३२=१८०). सारखी उष्णता मिळाल्यानें नळींतील पारा नेहमीं सारख्या उंचीवर राहतो; ह्मणून या यंत्रानें उष्णमान मापितां येतें.

थंड पाण्यापेक्षां ऊन पाणी हलकें असतें. स्नान करण्याच्या पाण्याच्या घंगाळांत एकदांच ऊन व थंड पाण्याच्या तोट्या सोडिल्या तर हें सहज अनुभवास येतें. असें घेतलेलें पाणी जर ढवळलें किंवा चाळविलें नाहीं तर तळच्या पाण्याहून वरचें पाणी पुष्कळ जास्त गरम असतें. विवक्षित उष्णमानावर ह्मणजे ६२° फा. उष्णमानावर मात्र १ पैंट पाण्याचें वजन १। पौंड असतें. पाणी तापविलें ह्मणजे त्याचा आकार वाढतो; ह्मणून त्याचें विशिष्टगुरुत्व कमी होतें.

याच कारणाकरितां पुढें ३२व्या कलमामध्यें समान आकाराच्या पाण्याचें वजन समान स्थितींत असतां मात्र समान असतें, असें ह्मटलें आहे. तसेंच १ घनइंच पाण्याचें वजन २५२½ ग्रेन असतें असें आपण ह्मणतों, तेव्हांही विवक्षित स्थितींत असतां इतकें वजन असतें, ही गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे. फारेनहीटच्या उष्णमापकांत जेव्हां पारा ६२° वर असतो, तेव्हां मात्र एक घनइंच पाण्याचें वजन २५२·४५ ग्रेन असतें. जेव्हां हवा फाजील उष्ण किंवा थंड नसते अशा साधारण हवेचें हें उष्णमान आहे, आणि याहून जास्त किंवा कमी उष्णमान झालें तर दर अंशास पाण्याचें प्रसरण किंवा आकुंचन त्याच्या आकाराच्या $\frac{1}{3000}$ व्या भागाहून कांहीं कमीच होतें. यास्तव स्थूलमानानें साधारण व्यवहारांत एक घनइंच पाण्याचें वजन २५२½ ग्रेन घेण्यास कांहीं हरकत नाहीं.

## ३२. जास्त उष्णता दिल्यानें शेवटीं पाण्याची वाफ होते.

पाण्यास यत्किंचित् उष्णता दिली तरी त्याच्या धर्मांत याप्रमाणें फेरफार होतात. जर याहून जास्त जोराची उष्णता दिली तर याहूनही फार मोठे फेरफार होतात. पातेलींत पाणी

घालून तिला विस्तवावर ठेविलें तर त्यावर काय काय परिणाम घडतात, हें सर्वांस माहीत आहे. पाणी प्रथमतः अधिकाधिक उष्ण होत जातें, नंतर त्यास आधण येतें, आणि शेवटीं त्याचें उष्णमान २१२° फा. झालें ह्मणजे तें कढूं लागून त्याची वाफ होऊन हवेंत जाते व अदृश्य होते. जर कढण्याची क्रिया बराच वेळ चालूं दिली तर सर्व पाणी आटून नाहींसें होतें. सकृद्दर्शनीं असें वाटतें कीं, उष्णतेनें पाणी नाहींसें झालें. पण वास्तविक पाण्याचा एक कणही नष्ट झाला नाही. त्याची अवस्था मात्र बदलली. उष्णतेनें पाण्यास द्रवरूपांतून वायुरूपांत ह्मणजे वाफेच्या रूपांत नेलें.

हाच प्रयोग पातेलींत न करितां चाहादाणींत करावा. मात्र या वेळीं चाहादाणींत थोडें पाणी घालावें, आणि झांकण गच्च बसवावें. पाणी कढूं लागलें ह्मणजे चाहादाणीच्या तोटींतून वाफ बाहेर येऊं लागेल, आणि जोंपर्यंत चाहादाणींत पाणी असेल तोंपर्यंत ही क्रिया चालेल.

तोटींतून वाफ बाहेर निघते तेव्हां ती इतकी उष्ण असते कीं, तींत बोट धरिलें असतां तें वाफेनें भाजेल. परंतु बोट भाजून न घेतां वाफेमध्यें लाखेची कांडी धरूनही वाफ फार उष्ण असते, याची प्रचीति घेतां येईल. विस्तवापुढें कांडी धरिली असतां ज्याप्रमाणें ती नरम होते, त्याप्रमाणें वाफेंतही ती नरम होईल. तसेंच तोटींतून वाफ बाहेर पडते तिजमधून पार पाहिलें तर ती पारदर्शक आहे, अशी खात्री होईल. तोटीपासून थोड्या अंतरावर मात्र तिची पारदर्शकता जाऊन तिचा पांढरा अपारदर्शक असा ढग बनतो, आणि मग लवकरच तो हवेंत अदृश्य होतो.

**३३. वाफेंतून उष्णता काढून घेतली असतां तिचें रूपांतर होऊन उष्ण पाणी बनतें.**

थंडगार चमचा किंवा ताटली घेऊन क्षणभर चाहादाणीच्या तोटीपुढें वाफेंत धरिली तर तेथून बाहेर काढतांच चमचा किंवा ताटली ओली होऊन गरम पाण्याच्या थेंबांनीं थबथबली आहे, आणि गरम झाली आहे, असें अनुभवास येईल. आणि जर चाहादाणीच्या तोंडास लांबच लांब अशी धातूची थंड नळी बसविली तर त्या नळीच्या तोंडांतून मुळींच वाफ न येतां फक्त पाणीच बाहेर पडेल, आणि नळी गरम होईल.

यावरून विस्तवांतील उष्णता प्रथमतः चाहादाणींत गेली, आणि नंतर तेथून त्यांतील पाण्यांत गेली. पाणी अधिकाधिक उष्ण होत जाऊन कांहीं नियमित उष्णता त्यानें जेव्हां शोषिली तेव्हां त्याची वाफ झाली. ही वाफ जेव्हां थंड चमच्यावर आली, किंवा थंड नळींतून गेली, तेव्हां तिनें जी उष्णता पूर्वी शोषण केली होती, ती सर्व उष्णता तिनें चमच्यास किंवा पाण्याच्या नळीस अर्पण केली. ज्या उष्णतेनें पाण्यास वाफेच्या स्थितींत ठेविलें होतें, ती उष्णता यांनी काढून घेतांच वाफ पुनः द्रवरूपांत गेली.

यास्तव एकाच वस्तूचीं वाफ आणि पाणी हीं दोन रूपें आहेत. पाणी उष्णता शोषण करितें, व त्यापासून हे परिणाम घडतात.

**३४. जेव्हां पाण्याचें रूपांतर होऊन त्याची वाफ होते, तेव्हां त्याचा आकार पूर्वीच्या १,७०० पट वाढतो.**

चाहादाणींतील पाणी प्रथम मापिलें, आणि त्याचें वजन केलें, आणि विस्तवाच्या उष्णतेनें जी त्याची वाफ होते तिला मापिलें, व तिचें वजन केलें, तर पाण्याच्या आकाराच्या जवळ जवळ १,७०० पट वाफेचा आकार भरेल. परंतु वाफेचें वजन मूळच्या पाण्याच्या वजनाइतकेंच राहील. ज्याच्या आंतील

बाजू एक इंच लांब, १ इंच रुंद, आणि एक इंच खोल, अशा आहेत, असा एक चौकोनी पेला घेतला, तर त्यांत एक घनइंच पाणी मावेल. असा पेला भरून पाणी घेऊन सर्व पाण्याची वाफ होईपर्यंत त्यास कढविलें तर त्याची वाफ जवळजवळ एक घनफूट जागा व्यापील. कारण एका घनफुटांत १,७२८ घनइंच असतात. एक घनइंच पाण्याचें वजन २५२$\frac{३}{२}$ ग्रेन असतें, आणि याची जी वाफ होते, तिचेंही इतकेंच वजन असतें. ह्मणून आपणास असें ह्मणतां येईल कीं, वाफ हें उष्णतेनें प्रसरण पावलेलें पाणी आहे, आणि तिचें विशिष्टगुरुत्व पाण्याहून १,७०० पट कमी आहे. तसेंच १ पैंटभर वाफेस थंड होऊं दिलें तर तिचें $\frac{१}{१,७००}$ पैंट पाणी होईल. परंतु त्याचें वजन १ पैंट वाफेच्या वजनाइतकेंच असेल. ह्मणून १ पैंट वाफ संकुचित होऊन तिच्या आकाराचा $\frac{१}{१,७००}$ वा भाग पाणी झालें.

पाण्याची वाफ होत असतां पाणी ज्या जोरानें प्रसरण पावतें, तो जोर फार असतो. चाहादाणींतील पाणी कढत असतां तिच्या तोटीचें भोंक बंद केलें तर चाहादाणींतील वाफ झांकणास वर फेंकील. जर झांकण गच्च बांधलें, तर चाहादाणीसुद्धां वाफेच्या जोरानें लवकरच फुटेल. वाफेच्या यंत्राचे जाड व घट्ट तापकसुद्धां या रीतीनें कधीं कधीं फुटतात, असें पुष्कळांनीं ऐकिलें असेल.

**३९. वायु किंवा स्थितिस्थापक प्रवाही पदार्थ. हवा.** हा येथें एक लांब मानेचा कांचेचा चंबू असून त्याचें तोंड खुलें आहे. तोंडांतून जर यांत पाणी ओतून यास तंतोतंत भरिलें, तर चंबू पाण्यानें भरला आहे, असें आपण ह्मणतों. यांतील

पाणी ओतून टाकिलें ह्मणजे तो रिकामा आहे, असें आपण ह्मणतों. परंतु तो खरोखर रिकामा आहे कीं काय तें पाहूं. याचें उघडें तोंड खालीं करून पाण्यानें भरलेल्या कांचेच्या पंचपात्रांत उपडा बुडवून त्यास पाण्यांत दाबूं. जर चंबू रिकामा खरोखर असता, तर त्याच्या मानेंत पाणी शिरून बाहेरच्या पाण्याच्या उंचीइतकें पाणी मानेंत उंच चढलें असतें. चंबूंत कांहीं नसल्यास तसें पाणी न चढण्यास कांहीं कारण नाहीं. दोहों तोंडांनीं उघडी अशी रिकामी कांचेची नळी घेऊन पाण्यांत बुडविली तर नळींत व तिच्या बाहेर पाणी सारख्या उंचीवर राहतें. आतां त्याच नळीचें वरचें तोंड बोटानें गच्च दाबून बंद केलें, आणि तिला एका तोंडानें उघडें अशा भांड्याचें रूप देऊन नळीचें खुलें तोंड पाण्यांत घातलें तर नळींत थोडेंसें मात्र पाणी चढेल. याप्रमाणें चंबूच्या मानेंतही थोडेंसें पाणी चढतें. यास्तव रिकाम्या नळींत व रिकाम्या चंबूंत कांहीं तरी असलें पाहिजे. यानें कांहीं जागा व्यापिली असून दुसऱ्यास त्या ठिकाणीं येण्यास हें प्रतिबंध करीत आहे, तेव्हां तें द्रव्य असावें. सारांश ज्या द्रव्यानें चंबू भरला आहे, त्यास **हवा** ह्मणतात. आणि याचें पृथ्वीसभोंवतीं जाड आवरण आहे, व त्यास **वातावरण** असें ह्मणतात. याविषयीं पुढें जास्त विवरण केल्यावर हवेस वजन आहे असें तुह्मांस समजेल. हवेस गति मिळाली, ह्मणजे तिला वारा ह्मणतात; व वाऱ्याच्या परिणामावरून तुह्मांस कळतें कीं, हवेस गति मिळाली ह्मणजे ती गति तिला दुसऱ्या पदार्थांस देतां येते.

ह्मणून हवेच्या आंगीं द्रव्यमय पदार्थांचे सर्व धर्म आहेत, आणि हवा हा प्रवाही पदार्थ आहे. कारण ती ज्या भांड्यांत असेल, त्याचा हुबेहुब आकार तिला प्राप्त होतो. तिचे कण

अगदीं सहज चलन पावतात. आपण आपला हात हालविला, तर तिचा प्रतिबंध झाल्याचें आपणास समजतें. प्रत्येक वाऱ्याच्या झुळकीवरून ती वाहते, हें कळतें. त्याचप्रमाणें जेव्हां आपण भात्यानें हवा फुंकतों तेव्हांही भात्याच्या तोटींतून हवेचा झोत बाहेर पडतो. हवेंत असलेल्या कोणत्याही पदार्थावर सर्व दिशांनीं तिचा दाब पडतो.

परंतु हवा जरी प्रवाही आहे, तथापि ती द्रवरूपी नाहीं. हवा ही फार संकोच्य आहे. वरच्या प्रयोगांत चंबूच्या मानेंत किंवा नळींत थोडेंसें पाणी चढलें असें आपण पाहिलें. याचें कारण पाण्यानें हवेस संकुचित करून तिचा आकार लहान केला. हवेनें भरलेल्या तक्यासारखी हवेनें भरलेली पिशवी घेऊन तिजमधील हवेचा आकार पुष्कळ कमी होईपर्यंत तिला चुरडतां किंवा दाबितां येतें. पाण्यानें भरलेली पिचकारी घेऊन जो प्रयोग केला, तोच प्रयोग हवेनें भरलेल्या पिचकारीनें केला, तर दट्टया नळींत गच्च बसत असल्यास, कांहीं अंतरापर्यंत त्यास खालीं दाबितां येतें, आणि दाब काढतांच दट्टया पुनः वर येतो. सारांश हवा केवळ संकोच्य आहे इतकेंच नाहीं, तर **स्थितिस्थापक प्रवाही** किंवा **वायु** आहे. पाण्याप्रमाणें हवाही उष्णतेनें प्रसरण पावते, परंतु तेवढ्याच उष्णमानानें हवेचें प्रसरण पाण्याहून फार जास्त होतें.

**३७. पाण्याची वाफ स्थितिस्थापक प्रवाही किंवा वायु आहे.**

हवेप्रमाणें वाफेच्या रूपांत असलेलें पाणी स्थितिस्थापक प्रवाही किंवा वायु आहे, व त्याच्या आंगीं वर सांगितलेले हवेचे सर्व धर्म असतात.

मागील कलमांत सांगितलेल्या चंबूंत जर थोडें पाणी घातलें

तर त्यावरील सर्व रिकाम्या भागांत हवा असते. जर चंबूस उष्ण केलें, तर शेवटीं त्यांतील पाणी कढूं लागेल, आणि पाण्यांत वाफेचे बुडबुडे बनून पृष्ठभागीं येतील व फुटतील. पाण्यावर जी पूर्वी हवा होती, तिला हळूहळू वाफ बाहेर घालवील, आणि जर चंबूस तसेंच उष्ण ठेविलें तर त्याचा रिकामा भाग वायुरूपी पाण्यानें भरेल, आणि हें वायुरूपी पाणी हवेसारखें पारदर्शक व रंगहीन असेल. चंबूच्या तोंडांतून जी वाफ बाहेर पडते तीही स्वच्छ व रंगहीन असते, परंतु ती थोडी दूर गेल्यावर थंड होऊन थिजते, आणि द्रवरूपी पाण्याच्या बारीक कणांचा ढग बनतो.

पाण्याची वाफ हवेपेक्षां हलकी आहे, ह्मणून पाण्याहून हलके पदार्थ जसे त्यांतून वर चढतात, त्याचप्रमाणें वाफ हवेंतून वर चढते.

### ३७. वायु आणि वाफ.

कडक उन्हाळ्यांत ज्याप्रमाणें हवा वायुरूपांत असते, त्याचप्रमाणें कडक हिंवाळ्यांतही वायुरूपांत असते. परंतु फार नीच अशा उष्णमानावर तिला आणून तिजवर अत्यंत दाब घातला, तर तिला द्रवरूप देतां येतें. यास्तव ज्यांस अत्यंत खटपटीनें थिजवितां येतें असे वायु, आणि ज्यांस सहज थिजवितां येतें असे पाण्याच्या वाफेसारखे वायु, या दोहोंमध्यें फक्त न्यूनाधिकमानाचा मात्र भेद आहे. तथापि पाण्याच्या वाफेसारख्या ज्या वायूंस सहज थिजवितां येतें, त्यांस ओळखतां येण्याकरितां **वाफ** हें निराळें नांव त्यांस देण्यांत कांहीं सोय आहे. जिला आपण साधारणतः पाण्याची वाफ असें ह्मणतों, तिचें २१२° **फा.** हें कढत्या पाण्याचें उष्णमान किंवा याहून ज्यास्त उष्णमान असतां मात्र ती वायुरूपांत असते. या उष्ण-

मानाहून तिचें उष्णमान यत्किंचित् कमी होण्याजोगें वाफेस शीत केलें तर तिजपैकीं बरीच वाफ थिजून तिचें कढत द्रवरूपी पाणी बनतें. ज्यास आपण वाफ ह्मणतों तें वायुरूपी पाणी, जरी कढत्या पाण्याच्या उष्णमानावर किंवा त्याहून उच्च उष्णमानावर मात्र असूं शकतें, तरी अगदीं थिजण्याच्या उष्णमानापर्यंत कोणत्याही उष्णमानावर पाणी वाय्वावस्थेंत राहू शकतें, ही गोष्ट लक्षांत ठेविली पाहिजे.

ज्या चंबूंत पाणी कढत होतें त्या चंबूंत फक्त पाणी व वाफ असतां, जर त्याच्या तोंडास बूच घालून त्यास गच्च बंद केलें आणि त्याखालील दिवा काढिला, तर जोंपर्यंत चंबूचें उष्णमान कढत्या पाण्याच्या उष्णमानाइतकें राहील, तोंपर्यंत पाण्यावरील प्रत्येक घनइंच वाफेचें वजन सुमारें $\frac{1}{7}$ ग्रेन भरेल. कारण १०० घनइंच वाफेचें वजन सुमारें १५ ग्रेन भरतें. आतां असें समजूं कीं, चंबूंत द्रवरूपी पाण्यावर जी पोकळी आहे ती १०० घनइंच आहे; तर मुळारंभी त्यांतील वायुरूपी पाण्याचें वजन १५ ग्रेन भरेल. आतां जर चंबूस थंड होऊं दिलें तर वायुरूपी पाण्यापैकीं अधिकाधिक भाग थिजून द्रवरूपांत येत जाईल. परंतु चंबूचें उष्णमान थिजण्याच्या बिंदूपर्यंत उतरलें तरी कांहीं पाणी वायुरूपांत राहील, आणि त्यानें द्रवरूपी पाण्यावरील चंबूंतील पोकळी भरलेली असेल. ९८° फा. या जिवंत मनुष्याच्या रक्ताच्या उष्णमानावर त्या वायुरूपी पाण्याचें वजन सारें १ ग्रेन असेल. तथापि तें अद्याप १०० घनइंच जागा व्यापील. ६२° फा. उष्णमानावर १०० घनइंच वाफेचें वजन $\frac{1}{3}$ ग्रेनाहून ज्यास्त असत नाहीं; आणि थिजण्याच्या उष्णमानावर त्याचें वजन सारें $\frac{1}{7}$ ग्रेन असतें. परंतु वायुरूपी पाण्याच्या विवक्षित आकारमानांत असलेल्या पाण्याचें

वजन, उष्णमान उतरतें त्याप्रमाणें कमी कमी होत जातें; ह्मणून वायुरूपी पाण्याचें दार्ढ्य किंवा विशिष्टगुरुत्वही उष्णमान उतरेल त्या मानानें कमी होत गेलें पाहिजे. वायुरूपी पाणी किंवा वाफ कढत्या पाण्याच्या उष्णमानावर असतां, तिला संकुचित करण्यास हवेइतकाच प्रतिबंध होतो. परंतु वायुरूपी पाण्याचें उष्णमान कमी असेल त्याप्रमाणें त्यास अधिकाधिक सहज रीतीने संकुचित करितां येतें.

कढत्या पाण्याच्या चाहादाणीच्या तोंटीस एक लवचीक पिशवी बांधिली, आणि कढत्या पाण्याइतकें पिशवीचें उष्णमान टेविलें तर ती वाफेनें भरून पूर्णपणें फुगेल, आणि तिजवर जरी हवेचा दाब चोहोंकडून आहे, तरी त्यानें ती दबली जाणार नाहीं. पिशवीस चाहादाणीच्या तोंटीपासून काढिलें तरी तिचें जोंपर्यंत कढत्या पाण्याइतकें उष्णमान असेल, तोंपर्यंत तिचा आकार तसाच राहील. परंतु जर तिला थंड होऊं दिलें तर तिजमधील कमी उष्णमानाच्या वायुरूपी पाण्याचा प्रतिबंध कमी कमी होत गेल्यानें बाहेरील हवेच्या दाबानें ती हळूहळू दबून चपटी होत जाईल. ह्मणूनच बंद केलेल्या चंबूस थंड होऊं दिल्यावर त्याचें बूच काढिलें तर, हवा त्यांत फार जोरानें शिरते.

**३८. साधारण उष्णमानावर होणारें पाण्याचें बाष्पभवन.**

उथळ बशीत कांहीं पाणी ओतून तिला उघड्या हवेंत ठेविलें किंवा ज्या खोलींतील हवा थंड आहे अशा खोलींत ठेविलें तर त्यांतील पाणी कांहीं वेळानें नाहींसें होतें. दोरीवर ओले कपडे वाळत टाकिले ह्मणजे ते लवकरच वाळतात. ह्मणजे जें पाणी त्यांस चिकटलेलें असतें, तें नाहींसें होतें, किंवा त्याचें **बाष्पभवन** होतें. या रीतीनें जें पाणी

नाहींसें होतें, तें केवळ आतां सांगितलेल्या पाण्याच्या धर्मामुळें घडतें. सारांश त्याचें रूपांतर होऊन त्या वेळच्या उष्णमानास योग्य अशा दाबांचें वायुरूपी पाणी बनतें, आणि त्या स्थितींत तें दुसऱ्या कोणत्याही वायूप्रमाणें हवेंत मिसळतें. समुद्र, सरोवरें आणि नद्या यांपासून हवेच्या उष्णमानाप्रमाणें एकसारखें वायुरूपी पाणी निघून हवेंत मिसळत असतें. ह्मणून वातावरणांत नेहमीं वायुरूपी पाणी ह्मणजे वाफ असते यांत आश्चर्य नाहीं.

विवक्षित परिमाणाच्या हवेंत उदाहरणार्थ १०० घनइंचांत त्या वेळच्या उष्णमानावर जितकें पाणी वायुरूपांत राहूं शकेल, तितकें असलें ह्मणजे ती हवा आर्द्र[1] आहे, असें ह्मणतात. अशा स्थितींत हवेचें उष्णमान यत्किंचित् कमी झालें, ह्मणजे वायुरूपी पाण्यापैकीं कांहीं पाणी द्रवरूपांत जातें. आर्द्र असलेल्या उष्ण हवेंमध्यें असलेल्या पेल्यांत ताजें थंड पाणी ओतलें ह्मणजे लागलीच पेल्याची बाहेरची बाजू दंवानें थबथबते, असें आपण नेहमीं पाहतों. याचें कारण असें असतें कीं, पेल्याच्या थंड बाजूच्या सन्निध आसपास हवेंत जें वायुरूपी पाणी असतें, तें शीत होऊन ज्या उष्णमानावर तें सर्व पूर्वी वायुरूपांत राहूं शकलें होतें, त्याहून त्याचें उष्णमान कमी झाल्यानें कांहीं पाणी दंवाच्या रूपानें पेल्याच्या बाहेरच्या बाजूवर जमतें. अशा दिवसांत ओले कपडे चांगले वाळत नाहींत. कारण अशा वेळीं हवेच्या उष्णमानावर हवेंत जितकें वायुरूपी पाणी राहूं शकतें, तितकें पूर्वींच असतें, व ज्यास्त वाफेस जागा नसते.

**३९. ऊन पाण्यास थंड केलें ह्मणजे तें प्रथमतः आकुंचन पावतें, परंतु नंतर कांहीं वेळानें प्रसरण पावतें.**

१ असली हवा पावसाच्या आरंभा व उन्हाळ्याच्या अखेरास या देशांत असते.

पाण्यास उष्ण केलें ह्मणजे त्यामध्यें काय विलक्षण फेरफार होतात, ते आपण पाहिले. प्रथम तें हळूहळू प्रसरण पावतें, व तें प्रसरण थोडें असतें. परंतु तें कढूं लागलें ह्मणजे तें एकाएकीं अत्यंत प्रसरण पावतें, आणि नंतर तें द्रवरूपांत न राहतां वायुरूपांत जातें.

आतां ऊन पाण्यास शीत केलें तर तें हळू हळू आकुंचित होत होत हवेच्या साधारण उष्णमानावर येतें; परंतु जर हवा फार थंड असली, किंवा पाण्यास कृत्रिमरीत्या शीत केलें तर त्याचें उष्णमान ३९° फा. होईपर्यंत मात्र तें आकुंचित होत जातें; आणि नंतर तें पुनः प्रसरण पावूं लागतें. जे पदार्थ साधारण उष्णमानावर द्रवरूप असतात, अशा सर्व पदार्थांच्या धर्मापासून भिन्न असा हा पाण्यामध्यें चमत्कारिक धर्म आहे. ह्मणून ३९° फा. उष्णमानावर शुद्ध पाण्याचें दाढ्य किंवा विशिष्टगुरुत्व अत्यंत असतें, आणि या उष्णमानावर असलेलें विवक्षित आकारमानाचें पाणी दुसऱ्या कोणत्याही उष्णमानावरील याच आकारमानाच्या पाण्यापेक्षां ज्यास्त जड असतें. यास्तव भांड्याच्या पृष्ठभागचें पाणी या उष्णमानावर येईपर्यंत त्यास शीत केलें तर तें तळीं जातें, आणि भांड्याच्या बुडावरचें पाणी याहून कमी उष्णमानावर येईपर्यंत शीत केलें, तर तें चढून पृष्ठभागीं येतें.

**४०. याहून आणखी पाण्यास शीत केलें ह्मणजे त्याचें पारदर्शक, ठिसूळ, व घन, असें बर्फ होतें.**

हिवाळ्यांत इंग्लंडदेशांत जशी थंड हवा पडते, तशी हवा जेथें पडते, अशा नीलगिरीपर्वतावर किंवा सिमल्यास हिवाळ्याच्या दिवसांत रात्रीं पाण्याचा पेला घराबाहेर उघड्या हवेंत ठेविला, तर त्यांतील पाण्याचें उष्णमान हळू हळू उतरत जाऊन

सर्व पाण्याचें उष्णमान ३९° फा. होतें. याहून आणखी शीत झाल्यावर असें शीत झालेलें पाणी हलकें असल्यामुळें पृष्ठभागींच राहतें. याप्रमाणें उष्णमान उतरत जाऊन त्यांत बुडविलेल्या उष्णमापकांतील पारा ३२° फा. पर्यंत उतरतो. या वरच्या पाण्याचें ३२° फा. खालीं यत्किंचित् उष्णमान उतरतांच द्रवरूपी थंड पाण्याचें घनपाणी किंवा बर्फ होऊन पृष्ठभागीं त्याचा कांचेसारखा पापुद्रा दिसतो. याप्रमाणें जर सर्व पाणी या उष्णमानावर येईपर्यंत शीत होऊं दिलें तर सर्व पाण्याचें याप्रमाणें हळू हळू बर्फ बनतें.

या स्थितींत पाणी घन असतें. साध्या पाण्याप्रमाणें हें घनपाणी कांहीं जागा व्यापितें व प्रतिबंध करितें. यास वजन असतें, व यास गति मिळाली असतां ती गति त्यास दुसऱ्यास देतां येते. थंड अशा ठिकाणीं पेल्यांतून बर्फाच्या खड्यास बाहेर काढिलें तरी त्याचा आकार जशाचा तसा राहतो. त्यांत कांहीं फेरफार होत नाहीं. यावर दाबिलें तर तें फार कठीण लागतें, व दबलें जात नाहीं. जर फारच दाब घातला तर कांचेसारखें फुटून त्याचा चुरा होतो. याप्रमाणें याची पूड करितां येते, आणि वाळवेसारखा बर्फाच्या चुऱ्याचा ढीगही घालतां येतो.

ज्याप्रमाणें उष्णतेनें पाण्याची वाफ केली ह्मणजे तिचें वजन पाण्याच्या वजनाइतकेंच असतें, त्याचप्रमाणें पाण्यांतून उष्णता काढून घेऊन त्याचें बर्फ केलें ह्मणजे त्याचें वजन पाण्याच्या वजनाइतकेंच असतें.

**४१. पाण्याचें बर्फ केलें ह्मणजे बर्फाचें विशिष्टगुरुत्व पाण्याहून कमी असतें.**

पेल्यांत झालेल्या बर्फाचें वजन जरी मूळच्या पाण्याइतकेंच असतें, तरी त्याचा आकार मूळच्या पाण्याएवढाच नसतो.

३९° फा. खालीं त्याचें उष्णमान उतरूं लागल्यापासून पाणी प्रसरण पावूं लागतें, आणि जेव्हां पाणी घन स्थितींत जातें, तेव्हां ३९° फा. उष्णमानावर त्याचा जेवढा आकार होता, त्याहून त्याचा आकार घनस्थितींत $\frac{1}{11}$ वाढतो. ३९° फा. उष्णमानाच्या पाण्याचें विशिष्टगुरुत्व १ कल्पिलें तर बर्फाचें विशिष्टगुरुत्व ·९१६ असतें.

पाणी गोठतांना जरी इतकें थोडें प्रसरण पावतें, तरी तें ज्या जोरानें प्रसरण पावतें, तो जोर वाफेसारखाच प्रचंड असतो. जर लोखंडाची एक नळी घेऊन तींत पाणी भरिलें, व तिचें तोंड मळसूत्रानें गच्च बंद केलें, आणि ती नळी जेथें पाणी थिजेल अशा थंड ठिकाणीं ठेविली, तर तिजमधील पाणी थिजलें ह्मणजे लोखंडास फोडून बर्फ बाहेर पडेल. विलायतेंत फार कडक हिंवाळा पडला ह्मणजे पाण्याचे नळ अनेकवेळां फुटतात; याचें कारण असें असतें कीं, त्यांतील पाणी जेव्हां गोठतें, तेव्हां तें प्रसरण पावतें; आणि प्रसरण पावलेल्या बर्फास जागा नसल्यामुळें नळास फोडून तें बाहेर येतें. ज्याप्रमाणें फार घट्ट अशी बंडी घातली तर ती आंग किंचित् ताणतांच फाटते, तद्वतच येथें नळ फुटतो.

थंड देशांत डोंगराच्या माथ्यावर आणि पर्वताच्या बाजूंवर आणि उष्ण देशांत फार उंच अशा पर्वतांच्या माथ्यांवर व बाजूवर मोठ्या घट्ट व कठीण अशा खडकांस दरसाल हिंवाळ्यांत बर्फानें भेगा पडतात, व ते फुटतात. जणूंकाय बेलदारच खाणींत खडक फोडीत आहेत, असा प्रकार घडतो. याचें कारण असें असतें कीं, पर्जन्य काळीं पावसाचें पाणी खडकांच्या फटींत व चिरींत शिरून तेथें जमून राहतें. नंतर हिंवाळ्याची थंडी पडली ह्मणजे तें पाणी थिजून त्याचें बर्फ होतें, आणि तें बर्फ पाण्याचे नळ फोडतें त्याप्रमाणेंच खडकांस फोडितें.

**४२. वातावरणांतील वायुरूप पाणी थिजून बर्फाचे स्फटिक बनले ह्मणजे त्यास थिजलेला दहिंवर ह्मणतात.**

इंग्लंडांत हिवाळ्यांत निरभ्र व कडक थंडीच्या रात्रीं घरांचीं छपरें व झाडें पांढरीं शुभ्र झालेलीं अशीं अनेक वेळां दिसतात. ही जी पांढरी शुभ्र पूड पसरलेली दिसते, तिला थिजलेलें दहिंवर असें ह्मणतां येईल. उजाडल्यावर तिकडचे लोक जागे झाले ह्मणजे खोलीच्या खिडक्यांच्या भिंगांवर नाजूक छोट्या वनस्पतींसारख्या अत्यंत सुंदर अशा चित्रविचित्र आकृति त्यांस दिसतात. ज्या पांढऱ्या पदार्थानें पारदर्शक भिंगें अपारदर्शक पांढऱ्या भिंगांप्रमाणें दिसतात, त्याची थोडीशी पांढरी पूड ह्मणजे थिजलेलें दहिंवर घेतलें तर तें लौकरच वितळून त्याचें पाणी होतें. ही पांढरी पूड खरोखरच बर्फाची असते. खिडकीच्या भिंगावरील आकृति महत्कारी भिंगांतून पाहिल्या तर त्या बर्फाच्या तुकड्यांच्या बनलेल्या आहेत, व ते तुकडे नियमित आकाराचे असून अशा व्यवस्थित रीतीनें जोडलेले असतात, कीं त्यांपासून एक सुंदर आकृति बनलेली आहे, असें दिसतें. हे नियमित आकाराचे बर्फाचे तुकडे खालीं लिहिल्याप्रमाणें उत्पन्न होतात. खोलींतील हवा बाहेरच्या हवेपेक्षां पुष्कळ उष्ण असते, आणि श्वासोच्छ्वास आणि आर्द्र पृष्ठभागांपासून घडलेलें बाष्पभवन यांपासून उत्पन्न झालेली पाण्याची वाफ त्या उष्णमानावर हवेंत जितकी राहूं शकेल, तितकी मिसळलेली असते. कांचेचीं भिंगें पातळ असल्यानें बाहेरच्या हवेनें थंड होतात, आणि खोलींतील वाफ थंड कांचेच्या संनिध आली ह्मणजे थिजून भिंगांवर थंड पाण्याचे सूक्ष्म बिंदु जमतात. भिंगें अधिकाधिक थंड होत गेलीं ह्मणजे ते सूक्ष्म बिंदु

थिजतात, आणि मूळचें वायुरूप पाणी घनरूपांत जातें, इतकेंच नाहीं, तर त्यास **स्फटिकरूप** प्राप्त होतें. ह्मणजे ते छोटे भरीव तुकडे ज्यास्त कमी नियमित असे भूमितीचे आकार धारण करितात; आणि ते वरून चपटे असून त्या चपट्या बाजू एकमेकांशीं नियमितमानानें अशा कललेल्या असतात कीं, जणूंकाय कांचेचेच तुकडे विशेष रीतीनें कापून जोडलेले आहेत. वास्तविक ह्मटलें ह्मणजे सर्वच बर्फ स्फटिकरूप असतें. मोठ्या जलसमुदायापासून पाण्याच्या मोठ्या पृष्ठभागावर जें बर्फ बनतें त्यांत बर्फाचे स्फटिक इतके एकत्र झालेले असतात कीं, ते तेथ वेगळे दिसत नाहींत.

**४३. बर्फास उष्ण केलें ह्मणजे त्याचें उष्णमान ३२° फा. वर येतांच त्याचें रूपांतर होऊन पुनः पाणी बनतें.**

इंग्लंडामारख्या थंड देशांत कडक थंडी पडलेली असते तव्हां उघड्या हवेंत पडलेला एखादा बर्फाचा खडा घेतला, तर त्याचें उष्णमान ३०° फा. किंवा २०° फा. किंवा याहूनही कमी असतें. असा खडा जर गरम खोलींत नेला, तर बर्फ हळू हळू गरम होतें, पण त्याचें उष्णमान ३२° फा. वर चढेपर्यंत त्यांत कांहीं फेरफार होत नाहीं. हें या उष्णमानावर आलें ह्मणजे मात्र तें वितळूं लागतें, आणि सर्व वितळेपर्यंत त्याचें उष्णमान ३२° फा. च असतें; आणि त्यापासून जें पाणी होतें, त्याचेंही प्रथम ३२° फा. उष्णमान असतें. मोठ्या विस्तवांत जरी एखादा बर्फाचा खडा टाकिला, तरी बर्फाचा यत्किंचित् कण राहिला असेल तोंपर्यंत, त्याचें उष्णमान ३२° फा. वरच राहील. ज्यास्त चढणार नाहीं. पाणी कढूं लागलें ह्मणजे जो प्रकार अनुभवास येतो, त्यासारखाच थेट हा प्रकार आहे. जोंपर्यंत पाण्याची वाफ होत असते,

तोंपर्यंत उष्णमान चढत नाहीं, आणि जी वाफ होते, तिचेंही प्रथम २१२° फा. च उष्णमान असतें.

**४४. बर्फ हें घनरूप, पाणी हें द्रवरूप, आणि वाफ हें वायुरूप, अशीं हीं एकाच सृष्टपदार्थाचीं तीन रूपें आहेत. प्रत्येक रूप कांहीं नियमित उष्णतेवर अवलंबून असतें.**

बर्फ, पाणी, आणि वाफ या तीन वस्तु परस्परांपासून अगदीं भिन्न आहेत. दुसऱ्या कोणत्याही ३ वस्तु घेतल्या तर त्यांमध्यें परस्पर जितकें भिन्नत्व दिसेल तितकें यांमध्येंही आहे असें ह्मणण्यास हरकत नाहीं. तर पाणी या एकाच पदार्थाचीं हीं तीन रूपें आहेत, असें आपण ह्मणतों याचा अर्थ काय?

याचा वास्तविक अर्थ असा आहे कीं, आपण जर कांहीं विवक्षित परिमाणाचें पाणी घेतलें, उदाहरणार्थ १ घनइंच, आणि त्याचें प्रथम बर्फ केलें, नंतर वाफ केली, तरी कांहीं गोष्टींत या तिहींमध्यें साम्य राहतें; त्या गोष्टी ह्या होतः—(१) तिहींचें वजन सारखें राहतें; एक घनइंच पाण्याचें वजन २५२$\frac{1}{2}$ ग्रेन असतें. त्याचें बर्फ केलें तर त्या बर्फाचें वजनही २५२$\frac{1}{2}$ ग्रेनच असतें; आणि त्या बर्फाची वाफ केली तर त्या वाफेचें वजनही २५२$\frac{1}{2}$ ग्रेनच असतें. (२) बर्फ, पाणी, व वाफ यांस सारख्या जोरानें ढकललें तर तीनही सारख्याच वेगानें चलन पावतात; आणि त्यांस गति मिळाल्यावर कोणत्याही चलपदार्थावर त्यांचा आघात झाला असतां त्या पदार्थावर तिहींपासून सारखाच परिणाम घडतो.

(३) तुह्मी रसायनशास्त्र शिकलां ह्मणजे तुह्मांस असें समजेल कीं बर्फ, वाफ आणि पाणी यांचें पृथक्करण केलें असतां नियमित वजनाचे आक्सिजन, आणि हैड्रोजन हेच दोन वायु

नेहमीं प्राप्त होतील व दुसरें कांहीं मिळणार नाहीं. १ घनइंच पाणी किंवा १७०० घनइंच वाफ किंवा $१\frac{१}{११}$ घनइंच बर्फ यांपासून नेहमीं $२८\frac{१}{१८}$ ग्रेन हैड्रोजन आणि $२२४\frac{८}{१८}$ ग्रेन आक्सिजन मात्र मिळेल, आणि दुसरें कांहीं मिळणार नाहीं. ( कलम १० पहा ).

आतां विवक्षित पाण्याच्या वजनांत आणि त्यापासून केलेल्या बर्फाच्या किंवा वाफेच्या वजनांत कांहीं फरक असत नाहीं, ह्मणून हीं रूपें देण्याकरितां पाण्यांतून जी उष्णता काढून घेतों, किंवा त्यांत मिळवितों तिला वजन असूं शकणार नाहीं, हें उघड आहे. याकरितां जर उष्णतेस द्रव्यमय पदार्थ असें मानिलें तर तो गुरुत्वशून्य असला पाहिजे. यास्तव प्राचीन काळीं उष्णतेस **गुरुत्वशून्य पदार्थ** असें ह्मणत. या पदार्थास वजन नसून जेव्हां याचा प्रवेश दुसऱ्या पदार्थांच्या कणांत होऊन तो पदार्थ उष्ण होतो, तेव्हां तो त्यांस परस्पर दूर लोटितो; आणि जेव्हां त्यांतून हा पदार्थ निघून जाऊन ते पदार्थ थंड होतात, तेव्हां तो त्यांस परस्पर जवळ जाऊं देतो, असा उष्णता हा एक प्रवाही पदार्थ आहे, असें समजत.

## ४९. उष्णतेचीं कार्यें द्रव्याच्या कणांच्या शीघ्रगतीचे परिणाम आहेत.

निदान ही गोष्ट खरी आहे कीं, उष्णतागतीनें उत्पन्न करितां येते. भातूचा बटण घांसला असतां तो कढत होतो, हा अनुभव प्रत्येक मुलास असतो. हुशार लोहार लोखंडाच्या तुकड्यावर हातोड्याचे घाव मारूनही त्यास लालभडक करील. चाकांच्या कण्यांस तेल किंवा चरबी बरोबर रीतीनें लाविली नसली, तर त्यांचें त्यांच्या आधारांवर घर्षण होऊन ते लालभडक होतात. दोन बर्फाचे तुकडे घेऊन त्यांस एकमेकांवर घांसलें तर त्यापा-

सून जी उष्णता उत्पन्न होते, त्या उष्णतेनें ते वितळतात. तुह्मी सृष्टिशास्त्र किंवा पदार्थविज्ञानशास्त्र शिकलां ह्मणजे उष्णता आणि उष्णतेपासून जीं कार्यें होतात तीं द्रव्याच्या शीघ्रगतीचे परिणाम आहेत, असें मानण्यास शेंकडों दुसरीं कारणें तुह्मांस आढळतील.

ज्यास गति असल्याचें बिलकुल दिमत नाहीं, असा स्थिर पदार्थ उष्ण असूं शकतो. एका पेल्यांत १००° फा. उष्णमानाचें ऊन पाणी असलें, आणि दुसऱ्यांत ३२° फा. उष्णमानाचें थंड पाणी असलें तरी दोहोंचे पृष्ठभाग संथ दिसतात. ऊन पाण्यांत थंड पाण्यापेक्षां कांहीं विशेष चलनवलन दिसत नाहीं. तर मग उष्णता हा एक गतीचा प्रकार आहे, आणि ज्याप्रमाणें पदार्थांत उष्णता ज्यास्त असेल, त्याप्रमाणें त्यांत ज्यास्त गति असते, असें ह्मणतात, याचा अर्थ काय ?

या प्रश्नाचें उत्तर असें आहे कीं, ज्या गतीपासून उष्णतेच्या क्रिया घडतात, ती गति उष्ण पदार्थाच्या सर्व पिंडाची दृश्यगति नसून ज्या निरनिराळ्या कणांचा तो पिंड बनलेला आहे, त्या कणांची गति असते. प्रत्येक कण सरळ रेषेंत चलन पावत नसून एकाच जागीं पुढें मागें चलन पावत असतो. यामुळें घड्याळाच्या लंबकासारखी किंवा छोट्या घड्याळांतील तुलाचक्रासारखी प्रत्येक कणाची गति असते. ही गति वास्तविक एक प्रकारची आंदोलक ( ह्मणजे हेलकाव्याची ) गति असते. प्रत्येक आंदोलन अत्यंत अल्प अशा अवकाशांतून अति त्वरेनें घडतें. ज्याप्रमाणें द्रव्याच्या कणांच्या कंपनानें ध्वनीचें ज्ञान होतें, त्याचप्रमाणें द्रव्याच्या कणांच्या आंदोलक गतीनें उष्णतेचें ज्ञान होतें. पातेल्यावर टोला मारिला ह्मणजे आवाज जर फार उच्च नसला, तर पातेल्याची बाजू कंपित असलेली स्पष्ट दिसते. एका लांब लांक-

डाच्या फळीच्या एका टोंकास कान लाविला आणि दुसऱ्या टोंकावर कंपित असलेलें लहानसें भांडें ठेविलें तर त्याच्या कंपनानें लांकडाचे कण कंपित होतील आणि कानास मोठा आवाज ऐकूं येईल. जोंपर्यंत ध्वनि ऐकूं येतो, तोंपर्यंत लांकडाचे कण कंपित असतात, तथापि सर्व लांकूड हालत नाहीं. परंतु त्याचे कण अशा सूक्ष्म अवकाशांतून पुढें मागें हेलकावे खातात कीं, त्यांची गति समजण्यांत येत नाहीं.

पण ज्यांच्या कंपनापासून उष्णतेच्या क्रिया घडतात, ते द्रव्याचे कण कोणते? हें अद्याप समजावयाचें राहिलें आहे.

### ४८. पाण्याची रचना किंवा बनावट.

शुद्ध पाणी हें अगदीं स्वच्छ व पारदर्शक असतें. नुसत्या डोळ्यांनीं त्याच्या निरनिराळ्या भागांमध्यें ह्मणजे कणांमध्यें कांहीं भेद दिसत नाहीं. ह्मणजे पाणी कसें बनलेलें आहे, हें कांहीं नजरेस पडत नाहीं. परंतु यावरून असें ह्मणतां येत नाहीं कीं, पाण्यामध्यें बनावट किंवा घडण खरोखरच कांहीं नाहीं. कारण ज्या कित्येक वस्तु एरवीं सर्वत्र सारख्या दिसतात, त्यांस महत्कारी भिंगानें पाहिलें असतां त्यांमध्येंसुद्धां कांहीं बनावट किंवा रचना दृष्टोत्पत्तीस येते. सफाईदार अशा शुभ्र कागदाचें पान घेतलें तर नुसत्या डोळ्यांस त्याचा पृष्ठभाग अगदीं साफ व गुळगुळीत दिसतो. परंतु साधारण शक्तीच्या महत्कारी भिंगानें पाहिलें असतां तो ज्या सूक्ष्म काष्ठतंतूंचा बनलेला असतो, ते तंतु दिसूं लागतात, आणि मोठ्या शक्तीच्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें तर कागद जाड्या डाळीसारखा दिसतो.

सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें सूक्ष्म पदार्थ पाहण्याच्या भिंगाच्या तुकड्यावर पाण्याचा बारिक थेंब घेतला आणि त्यावर दुसरा पातळ कांचेचा तुकडा दाबून त्यास पसरूं दिलें, तर त्याची जाडी

१/१०,००० इंचाहून ज्यास्त असणार नाहीं. आतां त्यास अति मोठ्या शक्तीच्या सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें पाहतां येईल. तथापि अशा यंत्रानेंही तें पाणी सर्वत्र सारखें दिसतें, आणि पूर्वीपेक्षां त्याच्या निरनिराळ्या भागांचें कांहीं ज्यास्त ज्ञान होत नाहीं. तत्राप यावरून परस्पर भिन्न अशा सूक्ष्म कणांचें पाणी बनलें नाहीं, असें सिद्ध होत नाहीं. यावरून इतकेंच सिद्ध झालें कीं, पाण्याचे कण इतके सूक्ष्म असतात कीं, ज्या सूक्ष्मदर्शक यंत्राची ४ किंवा ५ हजारपट मोठें करून दाखविण्याची शक्ति आहे, अशा यंत्रानेंमुद्धां त्यांस वेगवेगळें ओळखतां येत नाहीं.

घन पदार्थांचे इतके सूक्ष्म भाग करितां येतात कीं, मोठ्या शक्तिमान व उत्तम अशा सूक्ष्मदर्शक यंत्रानेंही ते दिसत नाहींत. गम मास्टिक ह्मणजे मास्टिक या वनस्पतीचा डींक हा पदार्थ पाण्यांत विद्रुत होत नाहीं, परंतु तीव्र मद्यार्कांत किंवा आल्कोहोलांत विद्रुत होतो आणि मास्टिकचें व्हार्निस हा पदार्थ त्याचा आल्कोहोलांत केलेला द्रव असतो. या व्हार्निसांत जर पाणी घातलें तर आल्कोहोल पाण्याशीं संयोग पावतो, आणि मास्टिक वेगळें होतें, व घन पदार्थ तळीं बसतो. तो पांढुरक्या कणांचा बनलेला असतो असें स्पष्ट दिसतें. परंतु जर व्हार्निसाचा एक थेंब अर्धा पैंट पाण्यांत मिळविला, आणि पाणी चांगलें ढवळलें, तर मास्टिक जरी घनरूपांत वेगळें झालेलें असतें, तरी तें या वेळीं अशा अत्यंत सूक्ष्म कणांच्या अवस्थेंत असतें कीं नुसत्या डोळ्यांस मास्टिकचे कण पाण्यांत दिसत नाहींत; परंतु पाण्यास किंचित् दुधासारखी पांढरी झांक येते.

मास्टिकचे घन कण पाण्यांत पसरल्यामुळें त्यास हा पांढरेपणा आलेला असतो. जर प्रयोग बराबर रीतीनें केला, व या द्रव्याचा एक थेंब कांचेच्या दोहों तुकड्यांमध्यें पसरून सूक्ष्मदर्शक यंत्राच्या अति मोठ्या शक्तीनें पाहिलें तरी या कणांचा कांहीं

मागमूस सुद्धां दृष्टोत्पत्तीस येत नाहीं. केवळ दृष्टीच्या संबंधानेंच विचार केला तर तो शुद्ध पाण्याचाच थेंब आहे असें वाटतें. हल्लीं आपल्याजवळ जीं उत्तम सूक्ष्मदर्शक यंत्रें आहेत, त्यांच्या योगानें ज्यांचा व्यास $\frac{१}{१,००,०००}$ इंच आहे, अशा सूक्ष्म घन पदार्थांस मात्र पाहतां येतें. यावरून कदाचित् याहून फार सूक्ष्म अशा अपारदर्शक कणांनीं पाण्यास गढूळपणा येऊन त्याचें अस्तित्व स्पष्ट होत असावें; ह्मणून जे मास्टिकचे कण अदृश्य असतात ते याहूनही फार लहान असले पाहिजेत. यावरून असें दिसतें कीं, $\frac{१}{१०,००,०००}$ इंच व्यासाच्या भिन्न भिन्न कणांचें किंवा थेंबांचें जर पाणी बनलें असलें, व अतिसूक्ष्म छऱ्यासारखी त्यांची घडण असली, तर आजपर्यंत जी सूक्ष्मदर्शक यंत्रें करण्यांत आलीं आहेत, त्यांपैकीं कोणत्याही यंत्रानें त्या रचनेचा मागमूससुद्धां आपणास दिसणार नाहीं. सारांश त्याविषयीं आपणास कांहीं प्रत्यक्ष प्रमाण मिळणार नाहीं.

### ४७. गृहीत कल्पना, त्यांचे उपयोग आणि त्यांची मातब्बरी.

विविक्षित मर्यादेच्या पलीकडे जेव्हां आपल्या जवळ उपलब्ध असलेल्या साधनांनीं आपणास एखाद्या सृष्टगोष्टीचें अवलोकन करितां येत नाहीं, तेव्हां जर आपण तसेंच अवलोकन पुढें चालविलें तर आपणास काय दिसेल, किंवा आपल्या अनुभवास काय येईल, याविषयीं कांहीं गोष्टी गृहीत घेणें यथान्याय असून अनेक वेळां फार उपयोगी पडतें. अशा जातींच्या गृहीत गोष्टीस **गृहीत कल्पना** असें नांव देतात. ती कल्पना खरी आहे, असें घेऊन ती ज्यासंबंधीं असेल, त्या संबंधाच्या जितक्या क्रिया आपणास व्यक्त करितां येतात, त्या मानानें अशा कल्पनेची मातब्बरी ज्यास्त किंवा कमी आहे असें समजतात.

उदाहरणार्थ, जर तुमच्या मागें जवळच एखादा मनुष्य उभा असला, आणि तुमच्या पाठीवर एकाएकी बुक्की बसली, तर बुक्की बसण्यास कारण काय झालें, याविषयीं तुह्मांजवळ कांहीं प्रत्यक्ष पुरावा नसतो; आणि जर तुह्मी दोघेच तेथें असलां, तर दुसराही कांहीं पुरावा मिळूं शकणार नाहीं. पण तुह्मी लागलेच असे गृहीत घेतां कीं, या जवळ असलेल्या मनुष्यानेंच मारिलें. आतां हीही कल्पना आहे, व ती यथायोग्य आहे. कारण ( १ ) त्या कल्पनेवरून घडलेल्या गोष्टीचें कारण सांगतां येतें, आणि ( २ ) त्या गोष्टीचें दुसरें कोणतेंही कारण संभवत नाहीं. ह्मणजे सृष्टीच्या साधारण राहाटीवरून दुसरा कांहीं संभव मनांत आणतां येत नाहीं. तुमच्या जवळचा मनुष्य जर असें प्रतिपादन करूं लागला कीं, बुक्की बसली असें तुह्मास उगाच वाटलें, किंवा कोणी अदृश्य पिशाचानें तुह्मास मारिलें. तर हें त्याचें ह्मणणें तुह्मी बहुधां कबूल करणार नाहीं. तुह्मी लागलेच त्यास ह्मणाल कीं, घडलेल्या गोष्टीच्या कारणाविषयीं ज्या दोन कल्पना त्यानें सांगितल्या त्या अत्यंत असंभवनीय आहेत, किंवा सृष्टीच्या साधारण क्रमामध्यें अशा जातीचे खोटे भास कधीं होत नाहींत, व भूतें कधीं मारीत नाहींत. सारांश त्याच्या कल्पना अशास्त्र दिसतील, आणि तुमच्या सशास्त्र किंवा यथान्याय दिसतील. आणि हजार वांट्यांनीं तुमच्या कल्पनेवरूनच तुह्मी पुढील तजवीज कराल. रोजच्या व्यवहारांतील शेंकडा ९० गोष्टी अशा तऱ्हेच्या कल्पनांवर अवलंबून असतात, आणि व्यवहारांत आपणास यश किंवा अपेश येणें हें या कल्पनांच्या सशास्त्रतेवर अवलंबून असतें. अमका मनुष्य नेहमीं खरें बोलतो, अशी कल्पना गृहीत घेऊन तुह्मी त्यावर विश्वास ठेवितां. दुसरा एखादा मनुष्य दार किंवा ला-

यस्व कूळ आहे, अशी गृहीत कल्पना घेऊन त्यास त्याच्या पतीवर पैसा देतां.

याप्रमाणें ज्या गोष्टींच्या कारणांविषयीं प्रत्यक्षप्रमाणें आढळत नाहींत, त्यांचीं कारणें सांगण्याकरितां कांहीं तरी कल्पना बसवावी लागते, आणि खरोखरच अशी कल्पना बसविणें त्यास भाग पडतें. अशा कल्पना ज्याप्रमाणें व्यवहारांत सशास्त्र व अवश्य असतात, त्याचप्रमाणे शास्त्रांतही असतात. मात्र शास्त्रीयरीतीनें विचार करणारानें हें पुरें लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, गृहीत कल्पनेनें पर्यवसान होत नाहीं, ह्मणजे तड लागत नाहीं. परंतु तेणेंकरून पुढें विचार करण्यास साधन मिळतें. ह्मणजे ज्या गोष्टीचीं कारणें शोधून काढण्याविषयीं आपली मति खुंटते, तीं कारणें समजण्यास कांहीं साधन व्हावें, एवढाच गृहीत कल्पनेचा उपयोग असतो. अशा कल्पनेनें परिसमाप्ति होत नाहीं, ह्मणजे अगदीं मुळापर्यंत कारणें सांगतां येत नाहींत, हें पक्कें लक्षांत ठेविलें पाहिजे. रोजच्या व्यवहारांत कल्पना बसवितांना याकडे कधीं कधीं लक्ष पोंचत नाहीं, ती चुकी आहे. सृष्टीचा क्रम व्यक्त करण्यास जोंपर्यंत त्यांचें सहाय्य होतें, तोंपर्यंत त्या कल्पना सत्य आहेत, असें आपण मानावें. परंतु सृष्टिक्रमांतील कोणत्याही गोष्टीशीं गृहीत कल्पना विसंगत किंवा विरोधी आहे असें कळतांच ती कल्पना यथाशास्त्र नाहीं असें समजून ती एकदम आपणास सोडून दिली पाहिजे.

### ४८. पाणी भिन्नभिन्न कणांचें (अणूंचें) बनलें आहे, ही गृहीत कल्पना.

पाणी जरी भिन्नभिन्न कणांचें बनलें असलें तरी ते कण आपणास पाहतां येत नाहींत, व ते कधींतरी पाहतां येतील अशाविषयींही फारशी आशा नाहीं, असें आपण वर दाखविलें; त-

थापि पाणी अशा कणांचें बनलें आहे अशी कल्पना गृहीत घेऊन जर आपणास पाण्याच्या धर्मांचें स्पष्टीकरण करण्यास साहाय्य मिळेल तर अशी कल्पना गृहीत घेणें यथाशास्त्र होईल.

द्रवरूपी पाणी अशा असंख्य कणांचें खरोखरच बनलें आहे, आणि हे कण इंचाच्या $\frac{१}{१०,००,०००}$ हून कमी (बहुतेक याहूनही पुष्कळ कमी) व्यासाचे आहेत, अशी कल्पना करूं. या कणांस **अणु** हें नांव देऊं.

हे अणु एकमेकांस आकर्षण करितात, असें द्रव्याच्या साधारण धर्मांवरून आपणास ह्मणतां येईल. परंतु पाणी हें दुःसंकोच्य आहे, ह्मणून त्याचे अणु साक्षात् एकमेकांस लागलेले नसून धुरळा असलेल्या खोलींतील अणुरेणु ज्याप्रमाणें एकमेकांपासून कांहीं अंतरावर अलग असतात, त्याचप्रमाणें हे अणूही एकमेकांपासून कांहीं अंतरावर अलग आहेत असें मानणें यथान्याय होईल.

हे अणु एकमेकांपासून दूर कशामुळें राहातात, त्याचा आतां विचार करूं. त्यांवर अति मोठा यांत्रिक दाब घातला तरी ते परस्परांजवळ फारच थोडे सरकतात, असें आपणास वर समजलें. ह्मणून त्यांस एकमेकांपासून दूर टेवणारी कांहीं तरी प्रतिसारक शक्ति असली पाहिजे, ह्मणजे त्यांस जवळ येण्यास कोणीतरी प्रतिबंध करीत असलें पाहिजे. हा प्रतिबंध किंवा ही प्रतिसारक शक्ति जीस आपण उष्णता ह्मणतां तीच असावी. कारण पाणी थंड केलें, किंवा पाण्यांतील उष्णता काढून घेतली ह्मणजे त्याचा आकार कमी होतो. ह्मणजे त्याचे कण परस्पर अधिक जवळ येतात, किंवा त्यांचा एकमेकांपासून परस्पर दूर राहण्याचा कल कमी होतो. परंतु त्याचें उष्णमान वाढविल्यानें पाण्याचा आकार वाढतो. ह्म-

णजे त्याचे कण परस्पर दूर जातात, किंवा त्यांचा परस्पर दूर राहण्याचा कल वाढतो.

पाण्यांच्या अणूंच्या आंगीं परस्पर जवळ येण्याचा कल ज्या कारणानें आलेला असतो, त्यास **आकर्षक शक्ति** हें नांव दिलें, आणि ज्या कारणानें हे अणु परस्पर दूर राहतात, व ज्यामुळें यांस फार त्वरेची कंपित गति मिळते, त्यास **प्रतिसारक शक्ति** असें नांव दिलें, तर द्रवस्थितींत या दोहों शक्तींचें असें समतोलन झालेलें असतें कीं, अणू जरी चलन पावण्यास अगदीं स्वतंत्र असतात, तथापि ते एकमेकांजवळ राहतात, आणि परस्परांपासून दूर जात नाहींत. ही प्रतिसारक शक्ति आणि उष्णता एकच असून उष्णतेमुळेंच अणूंस कंपित गति मिळालेली असते.

पाण्यास उष्णता दिल्यानें त्याचे अणू पूर्वीच्या १०।१२ पट परस्परांपासून दूर जाईपर्यंत त्यांमधील प्रतिसारक शक्ति वाढते, आणि शेवटीं आकर्षकशक्ति नाहींशी होऊन जर अणूंस कोंडून ठेविलें नसलें तर ते सर्व दिशांनीं दूर जाऊं लागतात. परंतु जर त्यांतील उष्णता काढून घेतली तर प्रतिसारकशक्ति कमी होत जाऊन अणू परस्पर इतके निकट येतात कीं, पाणी घनरूप धारण करितें.

३९°फा· यापेक्षां कमी उष्णमान झाल्यावर द्रवरूपी पाणी प्रसरण पावतें, तेव्हां या स्थितींत अणू परस्पर जवळ येत असतां त्यांची कांहीं चमत्कारिक रचना होत असावी, असा संभव दिसतो. एकेक फूट अंतरावर प्रत्येक रांगेंत ४ असे ४ रांगांत १६ मनुष्य उभे राहिले, आणि त्याच मनुष्यांस पूर्वींच्याहून अधिक जवळ जवळ उभें केलें, ह्मणजे मधील चार मनुष्यांस काढून सभोंवतालच्या ४ रांगांत घातलें, आणि सर्वांस

पूर्वीपेक्षां कांहीं ज्यास्त जवळ जवळ ( उदाहरणार्थ १० इंचांवर ) उभे केलें, तर त्यांचा पोकळ चौक पूर्वीपेक्षां ज्यास्त जागा व्यापितो. पाणी घनरूप धारण करितांना त्याच्या अणूंची विशेष प्रकारची रचना होते, हें बर्फाच्या स्फटिकरूप आकारावरून स्पष्ट होतें. थिजलेल्या दहिंवराच्या प्रत्येक स्फटिकाचा आकार, त्याच्या अणूंस नियमित भूमितीच्या आकृतीची जी रचना प्राप्त होते, त्यामुळें आलेला असतो.

यास्तव पाणी हें भिन्न भिन्न अणूंचें बनलें आहे, अशी कल्पना करणें हें उपयोगी आहे. कारण पाण्याचे धर्म व्यक्त करण्यास कांहीं अंशीं तिचें सहाय्य होतें. आणि जेव्हां तुह्मी पदार्थविज्ञानशास्त्राचें अध्ययन कराल, आणि गतीचे नियम शिकाल, तेव्हां अवलोकन आणि प्रयोग यांनीं स्थापित झालेल्या असंख्य सत्य गोष्टी या कल्पनेनेंच व्यक्त करितां येतात, असें आढळेल. यास्तव जोंपर्यंत या कल्पनेशीं विसंगत किंवा विरुद्ध अशा गोष्टी आपणास आढळल्या नाहींत, तोंपर्यंत सृष्टीक्रमाचें स्वरूप मनांत आणण्यास या कल्पनेचा उपयोग करावा, व ती सत्य आहे, असें गृहीत घ्यावें हें प्रशस्त दिसतें.

**४९. सर्व प्रकारचीं द्रव्यें बहुतकरून अणूंचीं किंवा परमाणूंचीं बनलीं आहेत.**

पाणी हें भिन्न भिन्न कणांचें बनलें आहे, ही कल्पना गृहीत घेण्यास जीं कारणें वर दाखविलीं, त्याच कारणांवरून ती कल्पना द्रव्याच्या सर्व जातींस लागू करितां येईल.

उदाहरणार्थ पारा हा अति सूक्ष्म अशा भिन्न भिन्न कणांचा बनला आहे, असें मानतां येईल, आणि उष्णमानाप्रमाणें हे कण घनस्थितींत ( थिजलेला पारा ), द्रवस्थितींत (साधा पारा), किंवा वायुरूप स्थितींत ( पाऱ्याची वाफ ) एकत्र राहतात.

शुद्ध पाऱ्यावर कशाचेंही कार्य केलें तरी त्यापासून पाऱ्याशिवाय दुसरें कांहीं प्राप्त होत नाहीं. पाऱ्याच्या कणांचें कधीं पृथक्करण किंवा विभागीकरण करितां आलें नाहीं. ह्मणून या कणांस साधारणपणें **परमाणु** किंवा अविभाज्य कण असें नांव देतात. आणि पारा हें एक **मूलतत्त्व** किंवा **एकाकी** पदार्थ आहे, ह्मणजे तो कोणत्याही द्रव्यांच्या मिश्रणापासून बनलेला नाहीं, असें ह्मणतात.

प्रत्यक्ष गोष्ट आणि कल्पना यांमधील भेद लक्षांत ठेवणें किती उपयोगी आहे, हें दाखविण्यास वरील प्रतिपादन चांगलें उदाहरण आहे. वास्तविक गोष्ट अशी आहे कीं, अद्यापपर्यंत शुद्ध पाऱ्यांतून शुद्ध पाऱ्याशिवाय दुसरें कांहीं कोणास काढितां आलें नाहीं. तत्राप पारा हा एकाकी पदार्थ आहे, व त्याचें पृथक्करण करून त्यांतून दुसरे पदार्थ कधीं काढतां येणार नाहींत, असें ह्मणणें ही एक कल्पना आहे, आणि पुढें अवलोकनापासून जें ज्ञान होईल व जे प्रयोग होतील, त्यांवरून ती कायम राहील किंवा राहणार नाहीं.

सुमारें १५० वर्षांपूर्वी पाऱ्याप्रमाणें पाणी हें एक मूलतत्त्व आहे, असें सर्वत्र मानीत होते; परंतु आतां पाणी हा संयुक्त पदार्थ आहे, असें सर्वांस समजलें आहे. पूर्वी सांगितलेंच आहे कीं, पाण्याच्या कणांचें पृथक्करण केलें ( हें कसें करितां येतें, हें रसायनशास्त्र शिकल्यावर समजेल. ) ह्मणजे परस्पर अगदीं भिन्न असे **आक्सिजन** आणि **हैड्रोजन** हे दोन वायुरूपी पदार्थ मिळतात. हे पदार्थ साधारण उष्णमानावर वायुरूप असतात; परंतु अलीकडे अत्यंत शीतता व अत्यंत दाब या दोहोंच्या कार्यानें त्यांस द्रवरूप देण्यांत आलें आहे. आपल्या गृहित कल्पनेप्रमाणें या दोहोंपैकीं प्रत्येक वायु सूक्ष्म

कणांचा बनला आहे, आणि या कणांचें माहीत असलेल्या कोणत्याही साधनानें आणखी विभागीकरण करितां येत नाहीं. ह्मणून या कणांसही पाण्याच्या कणांप्रमाणें **परमाणु** असें मानतात.

९ भार शुद्ध पाण्यांतून ८ भार आक्सिजन आणि १ भार हैद्रोजन प्राप्त होतात. ह्मणून पाण्याचा काल्पनिक कण किंवा अणु याच वजनाच्या आक्सिजन व हैद्रोजन यांच्या परमाणूंचा बनला असला पाहिजे. तसेंच पाण्याच्या प्रत्येक अणूंत आक्सिजनाचा एक परमाणु आणि हैद्रोजनाचे २ परमाणु असतात, असें मानण्यास रसायनवेत्त्यांस आधार मिळाले आहेत. असें असेल तर पाण्याची रचना किंवा घटना पूर्वी वाटली त्याहून जास्त बिकट असली पाहिजे, आणि पाण्याचा प्रत्येक कण ह्मणजे अणु तीन भिन्न भिन्न परमाणूंचा बनलेला असला पाहिजे.

**५०. मूल पदार्थांचा नाश करितां येत नाहीं किंवा त्यांचें परिमाण सृष्टींत वाढवितां येत नाहीं.**

एक घन इंच पाण्यास उष्णतेनें आटविलें तर त्याचा नाश न होतां त्याचें द्रवरूप जाऊन त्यास वायुरूप येतें, व त्याचें वजन मूळच्या इतकेंच राहतें, असें आपण वर पाहिलें. त्याच घन इंच पाण्याचें पृथक्करण करून आक्सिजन आणि हैद्रोजन हे वायु वेगळे काढिले तर पाण्याचा वास्तविक नाश होतो. परंतु ज्या द्रव्यांचें पाणी बनलें असतें, त्यांचें वजन मूळच्या इतकेंच राहतें. जर पाण्याचें वजन २५२$\frac{१}{२}$ ग्रेन असलें तर आक्सिजन वायूचें वजन २२४·४५ ग्रेन, आणि हैद्रोजन वायूचें वजन २८·०५ ग्रेन भरेल. पाण्यावर मनुष्यानें जी कृति केली, त्यानें दोहों वायूंच्या मूळच्या वजनांत कांहीं फेरफार झाला नाहीं. यावरून सर्वदां मूळ पदार्थांचें वजन कायम राहतें, आणि त्यांनीं कोणतेंही रूप धारण केलें तरी वजनाच्या योगानें त्यांचा थांग

आपणास लावितां येतो. हें जर खरें आहे तर त्यापासून असें अनुमान निघतें कीं, सृष्टिक्रमांत द्रव्य हें अविनाशी किंवा नित्य आहे. त्याचें परिमाण कमी किंवा ज्यास्त करितां येत नाहीं.

यावरून असें दिसतें कीं, स्वाभाविक किंवा अकृत्रिम आणि कृत्रिम वस्तूंचें एका गोष्टींत साम्य आहे. ज्या द्रव्याच्या त्या बनल्या आहेत, त्याचा नाश होत नाहीं, आणि त्यास वाढवितांही येत नाहीं. तसेंच ज्याप्रमाणें कृत्रिम वस्तूंमध्यें मनुष्याच्या कृतीनें सृष्टपदार्थांस एकत्र आणून त्यांची जोडाजोड करण्याचा क्रम चाललेला आहे त्याच प्रमाणें सृष्टींतही सृष्टशक्तींच्या साहाय्यानें सृष्ट पदार्थांस एकत्र आणून त्यांची जोडाजोड करण्याचा क्रम चालला आहे.

## ५१. साधें मिश्रण.

पाण्याचें पृथक्करण करून त्याचीं मूलतत्त्वें कशीं काढावीं हें समजण्यास रसायनशास्त्रावरील पहिलें पुस्तक तुम्हांस शिकलें पाहिजे. परंतु तें शास्त्र शिकण्यास सहाय्य होण्याकरितां पृथक्करण आणि संयोगीकरण यांच्या कांहीं साध्या क्रिया पाण्यानें व्यक्त होतात, त्यांचा विचार करणें येथें उपयोगी होईल.

अच्छेर पाण्यांत थोडीशी शाई घालून त्यास रंगविलें आणि तेंच रंगलेलें पाणी तेवढ्याच शुद्ध पाण्यांत मिसळलें तर दोहोंचें तत्काळ मिश्रण होईल, आणि सारें मिळून शेरभर पाणी होईल, आणि त्याचा वर्ण अच्छेर पाण्याच्या रंगाच्या निपट काळसर दिसेल. हें साध्या मिश्रणाचें उदाहरण झालें. ज्या दोन वस्तु मिसळल्या त्या दोहोंच्या आकाराच्या बेरजेबरोबरच मिश्रणाचा आकार आहे, आणि ज्या वस्तु मिसळल्या त्यांच्या धर्मांतही कांहीं फेरफार झाला नाहीं. याप्रमाणें जेव्हां पाण्याचें बाष्पभवन होतें, तेव्हां ही वायुरूपी पाणी किंवा वाफ अधीन

हवेंत मिसळते; आणि दोहोंचें सर्वत्र सारखें मिश्रण होईपर्यंत एकाचे कण दुसऱ्याच्या कणांत पसरतात. याच प्रमाणें वाळू आणि साखर यांसही मिसळतां येतें, व त्या दोहोंच्या धर्मांत कांहीं फेर पडत नाहीं. तसेंच दोहोंनीं जी पूर्वी जागा व्यापिली होती, तितकीच जागा त्यांचें मिश्रणही व्यापितें.

परंतु तेल आणि पाणी यांस एकत्र करून कितीही हालविलें तरी त्यांचें मिश्रण होत नाहीं, आणि तेल हलकें असल्यामुळें मिश्र द्रव संथ होतांच तेल पृष्ठभागीं वर चढतें. तसेंच पारा आणि पाणी मिसळत नाहींत, परंतु पारा पाण्याहून फार जड असल्यामुळें तो नेहमीं ज्या भांड्यांत दोहोंस मिसळलें असेल, त्याच्या तळाशीं जोरानें जातो. तसेंच वाळू किंवा लोखंडाचा कीस हेही पाण्यांत मिसळत नाहींत, आणि हे पदार्थ जड असल्यामुळें तळीं जातात. तसेंच बर्फाची पूड ही जरी पाण्याचेंच दुसरें रूप आहे, तरी बर्फाइतक्या थंड पाण्यांत ती मिसळत नाहीं, आणि पाण्याहून हलकी असल्यामुळें पृष्ठभागीं येते.

### ८२. ज्या मिश्रणांत दार्ढ्य वाढतें, अशीं मिश्रणें. आल्कोहोल आणि पाणी.

तीव्र मद्यार्क किंवा आल्कोहोल पाण्यासारखा स्वच्छ व पारदर्शक द्रव दिसतो. परंतु हा पदार्थ पाण्यापासून अगदीं भिन्न आहे. उदाहरणार्थ हा पाण्याहून कमी उष्णमानावर कढतो. हा जळतो, व त्याची ज्योत निळी असते. याच्या आंगीं मादक धर्म आहेत, आणि तेलासारखा हाही पाण्याहून फार हलका आहे. ह्मणून रंगविलेला मद्यार्क हळू पाण्यावर ओतला, तर तो पाण्यावरच राहतो. आतां असें समजूं कीं, ज्यावर सारखे १० छेद पाडलेले आहेत, असें पंचपात्रासारखें एक उभें माप आपण घेतलें, आणि त्यांत पहिले ५ भाग पाणी घा-

तलें आणि नंतर तीव्र आल्कोहोल कशानें तरी रंगवून माप १० व्या भागापर्यंत भरे इतका हळू मापांत ओतिला, तर मापांत खालीं पांच भाग पाणी आणि वर पांच भाग रंगविलेला आल्कोहोल असेल. जेथें दोनही परस्पर संनिध आहेत, तेथें मात्र पाण्यांत थोड्या अंतरापर्यंत रंग पसरेल. परंतु फार खालीं जाणार नाहीं. यावरून फक्त थोडेंसें मिश्रण होत आहे, असें दिसेल. आतां हे दोन द्रव परस्परांमध्यें लवकर मिसळत नाहींत, याचें कारण असें आहे कीं, त्यांचें मिश्रण होण्यास अनुकूल गोष्टी नाहींत. जर दोहों द्रवांस किंचित एकमेकांत ढवळलें कीं ते लागलेच मिसळतात, आणि सर्व द्रवाचा रंग आल्कोहोलाच्या निम्मा फिका दिसतो, व त्या मिश्र द्रवाचे बरेच धर्म शुद्ध आल्कोहोल आणि शुद्ध पाणी या दोहोंच्या मधोमध असतात.

रंगविलेलें पाणी शुद्ध पाण्यांत मिळविलें तेव्हां जसें साधें मिश्रण झालें, त्यासारखेंच या वेळींही साधें मिश्रण झालें, असें हा वेळपर्यंत दिसलें. परंतु वास्तविक तसें नसून याहून कांहीं जास्त फेरफार येथें झाले आहेत. (१) मिश्रण दोहों घटकांपेक्षां पुष्कळ गरम झालें आहे, ह्मणजे उष्णता उत्पन्न झाली आहे. (२) हें मिश्रण थंड झाल्यावर त्याचा आकार पाहिला तर तें १० व्या भागापर्यंत न राहतां सुमारें $\frac{3}{4}$ भाग खालीं उतरलेलें दिसेल. ह्मणजे थंड झाल्यावर आतां मिश्रण ९$\frac{1}{4}$ भाग असेल. मूळच्या दोन घटकांच्या आकारांच्या बेरजेपेक्षां मिश्रणाचा आकार कमी आहे, ह्मणून मिश्रणाचें दार्ढ्य पाणी व आल्कोहोल यांच्या दार्ढ्यांच्या मध्यम प्रमाणाहून जास्त असलें पाहिजे. याचा अर्थ असा कीं, दोन घटक भिन्न होते तेव्हां त्यांच्या अणूंनीं जी जागा व्यापिली होती, तेवढीच जागा मिश्रणाचे अणु न व्यापितां

त्याहून कमी व्यापितात. जर १० मापांस संकुचित करून त्यांचीं ९३/४ मापें केलीं, तर जो परिणाम झाला असता, तो प्रस्तुत झाला आहे. मिश्रणांतून उष्णता काढून घेतली असतां ज्याप्रमाणें तें आकुंचित झालें असतें, तसा प्रकार येथें घडला आहे; आणि प्रत्यक्ष पाहतां मिश्रणांतून उष्णताही बाहेर पडली आहे.

दुसऱ्या एका गोष्टींत हें मिश्रण दोन्ही घटकांपासून भिन्न आहे. पाण्यापेक्षां पुष्कळ कमी आणि आल्कोहोलापेक्षां जास्त अशा उष्णमानावर हें मिश्रण कढतें, व थिजतें. शुद्ध आल्कोहोलास तर अद्याप थिजवितां आलें नाहीं. ओल्या वाळवेंत ज्याप्रमाणें पाणी पसरलेलें असतें, त्याप्रमाणें पाण्याच्या अणूंमध्यें आल्कोहोलाचे अणु केवळ पसरलेले असते, तर ज्या उष्णमानावर आल्कोहोल कढतो, त्याच उष्णमानावर आल्कोहोलाचे अणु वायुरूपांत गेले असते. आणि तसें झालें असतें तर आल्कोहोलाची वाफ थिजवून पाण्यापासून आल्कोहोलास अर्कवत ऊर्ध्वपातनानें ( डिस्टिलेशनच्या रीतीनें ) सहज वेगळें काढितां आलें असतें. परंतु तसें करितां येत नाहीं. भाजलेल्या चुनकळीप्रमाणें ज्याची पाण्याशी रसायनप्रीति फार बळकट आहे, असा एखादा पदार्थ मिश्रणांत मिळवून द्रव कढविला, तर मात्र चुना किंवा दुसरा पदार्थ सर्व पाण्यास वेगळें काढून मागें ठेवितो, आणि पाण्यापासून आल्कोहोल ऊर्ध्वपातनानें अर्कवत् वेगळा होतो.

याप्रमाणें आल्कोहोल आणि पाणी यांस मिसळलें असतां जो मिश्र द्रव बनतो, तो द्रव साधें मिश्रण नसून त्याचे धर्मही नवेच असतात. घटकांचे धर्म माहीत असले म्हणजे साध्या मिश्रणाचे धर्म कळतात. प्रस्तुत मिश्रण हा अगदीं नवा पदार्थ आहे. पाणी आणि आल्कोहोल यांच्या अणूंचीं परस्परांवर कांहीं अंशीं कार्यें घडून त्यांच्या योगानें प्रत्येकाच्या मूळच्या धर्मांत फेरफार झाला आहे.

निरनिराळ्या पदार्थांचे परस्परांवर जे परिणाम घडतात, ते परिणाम कित्येक घनपदार्थांसंनिध पाणी आणिलें असतां याहून स्पष्ट अनुभवास येतात.

**५३. द्रवण किंवा विक्लेदन, ह्मणजे पाण्यांत पदार्थ विद्रुत करून केलेला द्रव. पाण्यांत क्षार विद्रुत होतात.**

पेलाभर थंड पाण्यांत चमचाभर मीठ टाकिलें आणि पाणी ढवळलें तर मीठ त्वरित दिसेनासें होतें, आणि कांहीं वेळानें आरंभीं पाणी दिसत होतें तसेंच थेट मीठ मिसळलेलें पाणी दिसूं लागतें. परंतु पेल्यांतील पाण्याचें वजन प्रथम ५ औंस असलें, आणि मिठाचें २ औंस असलें तर मीठ मिसळलेल्या पाण्याचें वजन आतां ७ औंस भरेल; आणि पाण्यास आतां खारट रुचि लागेल. या रीतीनें पाण्यांत मीठ मिसळलें ह्मणजे तें पाण्यांत **विद्रुत** झालें असें ह्मणतात, आणि द्रवास **मिठवणी** हें नांव देतात. जर त्यांत आणखी मीठ घातलें आणि तें न विरघळतां तसेंच राहिलें, ह्मणजे तो द्रव अगदीं **दाट** किंवा **परिप्लुत** झाला आहे असें ह्मणतात. पाण्यांत त्याच्या वजनाच्या $\frac{3}{8}$ वजनाइतकें मीठ मात्र विद्रुत होतें, जास्त होत नाहीं. याप्रमाणें केलेलें मिठवणी उथळ बशींत घातलें, आणि त्यास आटूं दिलें, किंवा त्यास उष्णता लावून कढविलें आणि त्यांतील पाणी घालविलें, तर पाणी कमी होतांच जें पाणी वाफेच्या रूपानें गेलें, त्याच्या $\frac{3}{8}$ वजनाइतकें मीठ पुनः घनस्थितींत येऊन पेल्याच्या तळावर बसतें. सर्व पाणी आटून गेलें ह्मणजे जें मीठ मागें राहतें त्याचें वजन आणि दुसरे सर्व धर्म, पाण्यांत विरघळविण्यापूर्वी जसे होते, तसेच असतात.

याप्रमाणें पाण्याच्या सांनिध्यानें मिठावर एक चमत्कारिक परिणाम घडला. मिठाच्या धर्मांपैकीं एका धर्मांत ह्मणजे घ-

नरूपांत मात्र पाण्यानें फेरफार केला. परंतु बाकीचे मिठाचे सर्व धर्म तसेच राहिले. नुकतेंच वर सांगितलें कीं, बर्फोद्गतक्या थंड पाण्यांत बर्फाचा चुरा न मिसळतां बर्फाचे कण तसेच पृष्ठभागीं घन राहतात. परंतु त्याचें उष्णमान चढवितांच, घनावस्थेचा जो विशेष प्रकार स्नेहाकर्षक शक्ति किंवा अणूंस एकत्र धरण्याची जी शक्ति, तिचें कार्य नाहींसें होतें, आणि अणु एकमेकांपासून वेगळे होऊन चलन पावण्यास मोकळे होतात, व ते सभोंवतालच्या पाण्यांत मिसळतात; किंवा आपणास असें ह्मणतां येईल कीं, घनावस्थेंत बर्फाच्या अणूंस ज्या बंधनांनीं एकत्र धरिलें होतें, तीं बंधनें सुटतात, किंवा विरघळतात, आणि घन पाणी किंवा बर्फ वितळून द्रवरूपांत जातें.

पाण्यांत मीठ विद्रुत होतें त्याचें या रीतीशीं इतकें साम्य आहे कीं, साखरेचा किंवा मिठाचा खडा पाण्यांत वितळून गेला असें अनेकवेळां साधारण भाषेंत ह्मणतात. परंतु जर मिठास उष्णतेनें वितळवूं लागलें तर त्यास पुष्कळ उच्च उष्णमान द्यावें लागतें. याकरितां थंड पाण्यांत विद्रुत करून मिठास घनरूपांतून द्रवरूपांत नेणें आणि उष्णतेनें त्यास वितळवून द्रवरूपांत नेणें या दोन्ही रीति फार भिन्न आहेत, हें उघड आहे. तथापि केवळ मिठाच्या स्थितीचाच विचार मनांत आणिला असतां दोहोंचा परिणाम एकच घडतो; विद्रुत झाल्यानें त्याच्या अणूंमधील स्नेहाकर्षण नाश पावतें, आणि त्याचे अणु पाण्याच्या अणूंमध्यें सर्वत्र सारखे मिसळतात. ज्याप्रमाणें हवेच्या अणूंमध्यें पाण्याच्या वाफेचे अणु सर्वत्र पसरतात, त्यासारखाच हा प्रकार घडतो. मिठाच्या द्रवाचा अगदीं बारीक थेंब घेतला तर त्यांत मिठाचें प्रमाण साऱ्या द्रवांतल्या मिठाच्या प्रमाणाइतकेंच असतें. हें कसें सिद्ध करावें हें तुह्मी रसायनशास्त्र शिकलां ह्मणजे तुह्मास समजेल.

जर मिठवण्यास सावकाश आटूं दिलें तर मिठाच्या अणूंमधील पाणी ज्याप्रमाणें कमी होत जातें, त्याप्रमाणें ते अणु अशा व्यवस्थित रीतीनें एकत्र होतात कीं, सुंदर आणि नियमित असे भरीव चौरसाकृति स्फटिक किंवा खडे बनतात. सूक्ष्मदर्शक यंत्रांतील पदार्थ पाहण्याच्या भिंगावर मिठवण्याचा थेंब सावकाश वाळत असतां पाहिला तर तुह्मास हे स्फटिक कसे बनतात हें सहज दिसेल. मिठाच्या स्फटिकांत मिठाशिवाय दुसरें कांहीं नसतें. आरक्तोष्ण होईपर्यंत त्यांस उष्ण केलें तर ते द्रवस्थितींत जातात, आणि आणखी जास्त उष्णता दिल्यानें द्रवरूपी मिठाची वाफ होते, व ती हवेंत उडून जाते.

याप्रमाणें मीठ आणि पाणी यांस एकत्र मिसळलें असतां ज्याप्रमाणें मिठामध्यें कांहीं फेरफार होतो, त्याचप्रमाणें पाण्यांतही कांहीं फेरफार घडतो. मिठवणी २१२° फा॰ उष्णमानावर कढत नाहीं, परंतु तें कढूं लागण्यास याहून उच्च उष्णमान लागतें. पूर्वीच्या उदाहरणांत पाण्यानें आल्कोहोलास वाफेच्या रूपांत जाऊं दिलें नाहीं, त्याचप्रमाणें या ठिकाणींही शुद्ध पाणी ज्या स्थितींत वायुरूपांत जातें, त्या स्थितींत वायुरूप धारण करण्यास मीठ प्रतिबंध करितें. शुद्ध पाण्याची वाफ होते तेव्हां पाण्याच्या अणूंस परस्पर दूर लोटण्यास जितका प्रतिबंध अतिक्रमण करावा लागतो, त्याहून पाण्यांत मीठ विरघळलें असतां जास्त प्रतिबंध अतिक्रमण करावा लागतो, असें ह्मणतां येईल. ज्याप्रमाणें आल्कोहोल पाण्यांत मिसळला असला ह्मणजे त्या पाण्याचें थिजण्याचें उष्णमान साध्या पाण्यापेक्षां कमी होतें, त्याचप्रमाणें मीठ मिसळलें असतांही थिजण्याचें उष्णमान कमी होतें. समुद्राचें पाणी हें पातळ मिठवणी आहे, आणि तें २७° फा॰ उष्णमानावर थिजतें. त्यापासून जें बर्फ बनतें, तें मात्र

अगदीं शुद्ध असतें, आणि बाकी राहिलेल्या समुद्राच्या पाण्यांत मिठाचें प्रमाण जास्त होतें.

ज्या शक्तीच्या आंगीं पदार्थांस वेगळें करण्याचा कल असतो त्या शक्तीस प्रतिबंध करणारी जी शक्ति, तिलाच आकर्षण असें आपण ह्मटलें, तर या ठिकाणीं मिठाचे अणु व पाण्याचे अणु एकमेकांस आकर्षण करितात, असें आपणास ह्मणतां येईल. भिन्नभिन्न जातींच्या द्रव्यांच्या अणूंमध्यें जें याप्रकारचें आकर्षण असतें, त्यास **रसायनाकर्षण** असें ह्मणतात.

## ८४. चुनकळी आणि पाणी; प्लास्टर आफ् पारिस आणि पाणी. रसायनसंयोग.

खडू किंवा चुनखडे यांस आरक्तोष्ण होईपर्यंत उष्ण केलें ह्मणजे चुनकळ्या तयार होतात. चुनकळी शुद्ध असली ह्मणजे तिजमध्यें पांढरा व कठीण असा घन पदार्थ असतो. अति उच्च उष्णमानावर मात्र यास द्रवरूपांत किंवा वायुरूपांत नेतां येतें. एका बशींत ताज्या भाजलेल्या चुनकळ्या ठेवून त्यांवर त्यांच्या $\frac{1}{3}$ वजनाचें पाणी घातलें ह्मणजे जोरानें रसायनकार्य घडेल, उष्णता उत्पन्न होईल, पाणी नाहींसें होईल, आणि चुन्याची पांढरी पूड बनेल. या कृतीस चुनारी लोक **चुना पिचविणें** असें ह्मणतात. वर प्रमाण सांगितलें त्याहून जास्त पाणी मिसळलें नसलें तर दिसण्यांत सर्व पाणी नाहींसें होऊन जी शुद्ध पांढरी पूड बनेल, ती कोरडी व घन असेल.

मिठाचा द्रव करितांना घनपदार्थास् पाण्याच्या योगानें द्रवरूप आलें. परंतु चुना पिचवितांना द्रवरूपी पाणी घनपदार्थाच्या घटनेंत शिरलें. पिचविलेल्या चुन्याच्या कोरड्या पुडींत जर आणखी पाणी मिळविलें तर त्यांत हा घनपदार्थही मिठाप्रमाणें विरघळतो,

आणि द्रवरूप होतो, व या द्रवास चुनवणी किंवा चुन्याची निवळी असें ह्मणतात. अशा केलेल्या द्रवांतून युक्तीनें पाण्यास बाष्पभवनानें घालविलें तर मिठाप्रमाणेंच चुना स्फटिकरूप धारण करील. परंतु या दोहोंमध्यें अंतर असतें. मिठाच्या स्फटिकांत पाणी नसतें; परंतु चुन्याच्या स्फटिकांत पाणी असतें इतकेंच नाहीं, तर पिचलेल्या चुन्यांत जितकें होतें, तितकेंच स्फटिकांत असतें. ह्मणजे ५६ भाग चुन्यांत १८ भाग पाणी या मानानें असतें.

या रीतीनें संयोग पावलेलें पाणी या नव्या घनपदार्थांत चुन्याशीं इतक्या दृढतर रीतीनें बद्ध झालेलें असतें कीं, दोहोंस वेगळें करण्यास आरक्तोष्णमान द्यावें लागतें. अशा स्थितींत चुना पाण्याशीं **रसायनरीत्या** संयोग पावला आहे, असें ह्मणतात. पिचलेल्या चुन्यांत किंवा चुन्याच्या स्फटिकांत चुना आणि पाणी नेहमीं सारख्या प्रमाणानें असतात. ह्मणून चुना व पाणी हे **नियमित प्रमाणानें** संयोग पावले आहेत, असें समजतात, आणि पिचलेल्या चुन्यास **चुन्याचा हैड्रेट** हें रासायनिक विशेषनांव प्राप्त होतें.

**जिप्सम** किंवा **प्लास्टर** आफ् **पारीस** याची कोरडी व पांढरी पूड असते. यांत थोडें पाणी मिसळलें असतां चुनकळी प्रमाणें ही पूड पिचत नाहीं. परंतु तें मिश्रण लवकरच घट्ट बसतें, किंवा कठीण होतें, आणि त्यांतील बरेंच पाणी निघून जातें. वास्तविक ह्मटलें ह्मणजे प्लास्टर आफ् पारीस याशीं पाणी संयोग पावून दुसऱ्या एका **हैड्रेटाचा** तें घटक बनतें, व त्यांतील फाजील पाणी निघून गेलें ह्मणजे पाण्याचा अवशेष कांहीं दिसत नाहीं. प्लास्टर आफ् पारीस याच्या आंगीं हा धर्म आहे, ह्मणून चित्रें व नक्षीकाम करणारे सांचे घेण्यास व सांच्यांत ओतून त्यांच्या नकला घेण्यास याचा उपयोग करितात. प्लास्टरचा पा-

तळ ग्लक करून तो ज्या पदार्थाची नक्कल घेणें असेल त्यावर व त्या सभोंवतीं ओततात. पदार्थांच्या सर्व उंचसखल भागांवर हा लागतो, व पातळ असल्यामुळें कोनाकोपऱ्यांत शिरतो; आणि वाळून घट्ट झाला ह्मणजे जो आकार त्यास मिळाला असेल, तो तसाच कायम राहतो. घट्ट झालेलें प्लास्टर आफ् पारीस अगदीं कोरडें असलें तरी त्यांत त्याच्या वजनाच्या $\frac{१}{७}$ पासून $\frac{१}{८}$ वजनाचें पाणी असतें, व तें त्यांत बद्ध झालेलें असून घन हैड्रेटाचा एक भाग असतें. कठीण झालेला जो प्लास्टर त्यास कडक आंच दिली तर संयुक्तावस्थेंत असलेलें पाणी निघून जाऊन प्लास्टर पुनः मूळच्या स्थितींत येतो.

सुंदर व पारदर्शक अशा स्फटिकांच्या रूपानें जिप्समचे दगड सृष्टींत विपुल सांपडतात. या स्फटिकांस इंग्रजींत **सेलेनाइट** असें ह्मणतात. या स्फटिकांची घटना घट्ट झालेल्या प्लास्टरसारखी असते, ह्मणजे ते हैड्रेट असतात. या स्फटिकाचा पातळ तुकडा सूक्ष्मदर्शक यंत्राच्या अति मोठ्या शक्तीनें पाहिला तरी तो सर्वत्र अगदीं सारख्या घटनेचा दिसतो. तथापि तो जिप्समचे अणु आणि पाण्याचे अणु या दोहोंचा बनलेला असतो, असं अनुमान करण्यास चांगला आधार आहे. या दोहों पदार्थांचे अणु इतक्या जोरानें संयोग पावलेले असतात कीं त्यांचा कठीण पण ठिसूळ असा कांचेसारखा घनपदार्थ बनतो. खुद्द हैड्रेटचे अणु कांहीं नियमित दिशांनीं जास्त जोरानें संयोग पावलेले असतात. या स्फटिकांस लंबोत्तर सहज वेगळें करितां येतें, व या वेळीं त्यांचे कपळे निघतात. परंतु यांस आडवें कापण्यास फार जोर लागतो, व या वेळीं त्यांचे कपळे न निघतां ते फुटतात.

मग्नीशियम धातूचा सल्फेट आणि सोडियम धातूचा सल्फेट या क्षारांसही घनरूपांत असतां पाण्यांत विद्रुत केलें, व ते द्रव

आटविले, ह्मणजे ते क्षार स्फटिकरूपानें वेगळे होतात. चुना व जिप्सम यांसारखेच नियमित प्रमाणाच्या पाण्याशीं हे संयोग पावून यांचे स्फटिकरूप संयुक्तपदार्थ बनतात. सारांश या दोहोंचे स्फटिक कांचेसारखे ठिसूळ घनपदार्थ असतात, आणि त्यांत त्यांच्या निम्मे वजनाचें पाणी असतें.

याप्रमाणें पाणी दुसऱ्या पदार्थाशीं संयोग पावून दोहोंपासून भिन्न असा एक नवा पदार्थ निर्माण होतो, असें आपणास समजलें. पदार्थ कसे संयोग पावतात, त्यांच्या संयोगापासून काय उत्पन्न होतें, आणि संयुक्त पदार्थांचें पृथक्करण करून त्यांचे घटक कसे वेगळे करितां येतात, इत्यादि गोष्टी **रसायनशास्त्रांत** सांगितल्या आहेत; आणि याकरितां तें शास्त्र आपणास शिकलें पाहिजे.

**५५. खनिजपदार्थ नियमित आकृति धारण करितात व वाढतात, ह्मणजे तसल्याच भागांची त्यांवर भर पडून ते आकारानें वाढतात.**

हा वेळपर्यंत पाणी व जे दुसरे सृष्टपदार्थ सांगितले त्यांस खनिजपदार्थ असें ह्मणतात. परंतु साधारणतः धातु व जे दुसरे खाणींत सांपडणारे दगड त्यांसच मुख्यत्वें खनिज हें विशेषण लावितात. वर अनेक वेळां असें सांगितलें कीं, विशेष स्थितींत पाणी व दुसरे खनिजपदार्थ नियमित आकृति धारण करितात. विलायतेंत हिंवाळ्यामध्यें खिडक्यांच्या भिंगांवर झाडांचीं पानें व पालवी यां सारख्या बर्फाच्या लहान मोठ्या सुंदर आकृति पाहण्यांत येतात; हें बर्फाच्या स्फटिकीभवनाचें तिकडे अगदीं साधारण उदाहरण आहे. परंतु सैंधे मीठ, चुना, जिप्सम, सोडियम सल्फेट यास पाण्यात विद्रुत करून यांचे द्रव सावकाश आटविले असतां, द्रवांतून हे किंवा पाण्याशीं संयोग पावून झालेले नवे संयुक्त पदार्थ

जेव्हां वेगळे होतात, तेव्हां स्फटिकाकार धारण करितात. मग्नी-शियम सल्फेटाच्या द्रवाचा किंवा सोन्याच्या द्रवाचा थेंब सूक्ष्म-दर्शक यंत्राच्या पदार्थ पाहण्याच्या भिंगावर वाळूं दिला ह्मणजे परम आश्चर्य वाटण्याजोगा चमत्कार दृष्टीस पडतो. क्षार घनस्थितींत जात असतां दर्शन मर्यादेंत सुया व पत्रे यांच्या रूपानें स्फटिक एकदम दिसतात. या स्फटिकांची अशा सुंदर रीतीनें रचना झा-लेली असते कीं, ती थिजलेल्या दंहिवरापेक्षांही सुंदर दिसते. परंतु थिजलेल्या दंहिवराहून हे स्फटिक अगदीं भिन्न आकाराचे अस-तात. सारांश जर तुह्मी **स्फटिकलेखनाचें** किंवा **स्फटिक-शास्त्राचें** अध्ययन कराल, तर तुह्मांस समजेल कीं, स्फटिकरूप धारण करणाऱ्या प्रत्येक पदार्थाच्या स्फटिकांचा आकार नियमित असतो, व तो आकार नियमित अशा भूमितीच्या आकृतींहून कधीं भिन्न नसतो. या पदार्थांपैकीं कोणाचाही स्फटिक अनुकूल अशा स्थितींत असल्यास आकारानें वाढतो. उदाहरणार्थ मि-ठाच्या परिप्लुत द्रवांत मिठाचा खडा सुतास बांधून लोंबत ठे-विला आणि तो द्रव उघड्या हवेंत ठेवून सावकाश आटूं दिला, तर पाणी आटल्यावर जे मिठाचे अणु द्रवस्थितींत राहूं शकत नाहींत, ते नियमित क्रमानें मिठाच्या स्फटिकावर जमतात, आणि त्याची आकृति न बदलतां त्याचा आकार वाढवितात. या रीतीनें लहान स्फटिक मोठ्या आकाराचे होऊं शकतात. साखरेचा दाट द्रव आटत असतां त्यांत जीं सुतें लोंबत सोडलेलीं असतात, त्यांवरही याच रीतीनें द्रवांतून खडेसाखरेचे मोठे खडे वेगळे होऊन जमतात. हे खडेही पाणी व साखर यांचे बनलेले असतात. मूळ पदार्थावर बाहेरूनच दुसरे अणु बसून त्याचा आकार या रीतीनें वाढतो; आणि जें द्रव्य नवीन वेळें ( उदाहर-

णार्थ मीठ किंवा साखर ) तें आरंभीं मिठवण्यांत किंवा सरबतांत मीठ किंवा साखर याच रूपानें असतें.

---

## ( ब ) सजीव पदार्थ.

### ५६. गव्हाचा रोप आणि त्याचे घटक पदार्थ.

धान्याचें शेत प्रत्येकाच्या पाहण्यांत असतें. सुगीवर कापणीच्या वेळीं गव्हांच्या शेतांत जे गव्हांचे असंख्य रोप उगवलेले असतात, त्यांपैकीं एक रोप उपटून पाहिला, तर त्यास एक देंट असून त्याच्या एका टोंकास **मूळ** असतें, दुसऱ्या टोंकास कणीस ह्मणजे **ओंबी** असते, आणि देंटाच्या बाजूस **पानें** किंवा **पात्या** असतात, असें पाहण्यांत येईल. कणसास बदामी घांटाचे धान्याचे अनेक दाणे असतात, व त्यांसच गव्हाच्या रोपाचें बीं असें ह्मणतात. ज्या **टरपलांत** किंवा **कोंड्यांत** बीं गुरपटलेलें असतें, त्यापासून त्यास वेगळें काढून जात्यांत घालून दळतात, आणि त्या पिठाच्या चपात्या करितात. मूठभर पीठ घेऊन तें थंड पाण्यानें भिजवावें, आणि खादीच्या रुमालांत मोटली बांधून दुसऱ्या मोठ्या भांड्यांतील पाण्यांत बुडवून हातानें तिला कुवळावें किंवा कुसकरावें, ह्मणजे मोटलींतील पीठ चिकट होईल, आणि पाणी पांढरें होईल. हे पांढरें पाणी दुसऱ्या भांड्यांत ओतावें आणि पहिल्या भांड्यांत नवें ताजें पाणी घेऊन मोटलींतील पीठ कुसकरण्याची क्रिया पूर्ववत् चालविली तर पूर्वींप्रमाणेंच पुन: पीठ चिकट होऊन पाणी पांढरें होईल. याप्रमाणें वरचेवर करीत गेलें तर पीठ अधिकाधिक चिकट होत जाईल, आणि पाणी कमी कमी पांढरें होत जाऊन शेवटीं अगदीं निवळ आणि रंगहीन असें राहील. याप्रमाणें कृति केल्यावर फडक्यांत जो चि-

कट गोळा मागें राहतो, त्यास इंग्रजींत **ग्लुटेन** असें ह्मणतात, आणि दुकानदार त्यास **माकारोनी** असें ह्मणतात.

पीठ धुऊन पांढरें झालेलें पाणी तसेंच कांहीं तास राहूं दिलं ह्मणजे भांड्याच्या तळावर पांढरा थर जमेल, आणि वरील पाणी निवळ शंख होईल. हें पाणी ओतून टाकिलें तर जो पांढरा सांका तळीं असतो, त्यास इंग्रजींत **स्टार्च** ह्मणतात. यास मराठींत **पिष्ठ** किंवा **सत्व** असें नांव देतां येईल. हें स्टार्च फार सूक्ष्म अशा कणांचें बनलेलें असतें, आणि यांतील प्रत्येक कण सूक्ष्मदर्शक यंत्रानें पाहिला तर एकाहून एक लहान अशा वर्तुळाकार पऱ्यांचा तो बनला आहे, व त्या सर्वांचा एकच मध्य आहे, असें दिसेल. ज्या पाण्यांतून हें सत्व तळीं बसतें, तें पाणी कढविलें तर तें गढूळ होईल. अंड्यांतला पांढरा बलक पाण्यांत कालवून तें पाणी कढविलें असतां जसें पाणी गढूळ दिसतें, त्यासारखें थेट वरील पाणी दिसूं लागतें, आणि शेवटीं एक पांढुरका पदार्थ भांड्याच्या तळीं जमतो. यास उद्भिज्ज पदार्थांतील **आल्ब्युमन** किंवा **उद्भिज्ज आल्ब्युमन** असें इंग्रजींत ह्मणतात.

अल्ब्युमन, ग्लुटेन आणि स्टार्च (सत्व) या तीन पदार्थांशिवाय आणखी दुसरे पदार्थ गव्हाच्या दाण्यांत असतात. परंतु वरच्या स्थूल पृथक्करणानें त्यांविषयीं आपणास कांहीं कळूं शकत नाहीं. गव्हाच्या दाण्यांत कांहीं **काष्ठमय द्रव्य** किंवा **काष्ठतंतू** ( यास इंग्रजींत **सेल्युलोस** ह्मणतात ), कांहीं **शर्करा** आणि कांहीं **चर्बी** हे पदार्थ असतात. गव्हाच्या रोपाची काडी, पाती, व मुळ्या, यांवरही वरच्या प्रमाणें कृति केली तर त्यांतूनही अल्ब्युमन, स्टार्च, शर्करा, व चर्बी आणि काष्ठतंतु हे पदार्थ प्राप्त होतील. परंतु त्यांत काष्ठमय द्रव्याचें किंवा काष्ठतंतूंचें प्रमाण जास्त असेल. गव्हाची काड ही बहुतेक काष्ठ-

तंतूंची बनलेली असते. याखेरीज तिजमध्यें खनिजपदार्थांचा कांहीं अंश असतो. त्यांपैकीं एक पदार्थ शुद्ध गार किंवा **सिलिका** हा असतो. जर तुही कधीं गव्हाच्या काडीचें उडवें जळलेलें पाहिलें, तर त्याच्या राखेंत कांचेसारखा जास्त कमी सिलिकेचा अंश आढळेल. जिवंत रोप्यांत हे सर्व पदार्थ बऱ्याच पाण्याशीं संयुक्त झालेले किंवा त्यांत विद्रुत झालेले किंवा पसरलेले असे असतात. गव्हाच्या दाण्यापेक्षां त्याच्या काडींत पाण्याचें प्रमाण फार असतें.

## ८७. कोंबडें व त्याचीं घटक द्रव्यें.

प्रत्येकानें कोंबडें पाहिलें असेल. हा प्राणी चपल असतो, आणि इकडून तिकडे फिरतो, व कधीं कधीं उडतो. याच्या आंगावर पिसें असतात. यास दोन पंख असतात, व दोन पाय असतात. याच्या एका शेवटास लांब मान असून तिच्या टोकास डोकें असतें, व त्या खालीं चोंच असून तिच्या दोहों भागांमध्यें तोंड असतें. कोंबडी आंडीं घालते. आंड्यावरचें कवच कठीण असून आंडें फोडलें तर त्यांतील द्रव्य वाहतें; तें द्रव्य एक रंगहीन पांढरा पदार्थ व एक पिवळा पदार्थ या दोहोंचें बनलेलें असतें. पांढरा पदार्थ गोळा करून पाण्यांत कढविला तर तो त्यवर्धांत होऊन त्याचा पांढरा घन गोळा बनतो. हा उद्भिज्ज अल्ब्युमनासारखा असतो, व यास **प्राणिज अल्ब्युमन** ह्मणतात.

पिवळा बलक पाण्यांत घालून चेंचला किंवा कुसकरला तर त्यांतून पिष्ट(स्टार्च) किंवा काष्ठमय द्रव्यें प्राप्त होत नाहींत. परंतु त्यामध्यें चर्बीयुक्त व शर्करायुक्त अशीं द्रव्यें विपुल असून शिवाय अल्ब्युमन आणि ग्लुटन यांसारखींही कांहीं द्रव्यें असतात.

कोंबड्याचीं पिसें मुख्यत्वें शिंगासारख्या एका घट्ट पदार्थाचीं

बनलेलीं असतात. पिसें काढून बाकी शरीर बराच वेळ पाण्यांत कढविलें, तर पाण्यांत कांहीं **जिलेटीन** जमेल व तें थंड झालें ह्मणजे त्याची नरम अशी वडी बनेल; आणि शरीराचे तुकडे तुकडे होऊन त्यांतील हाडें व मांस परस्परांपासून वेगळीं होतील. हाडांत मुख्यत्वें असा एक पदार्थ असतो कीं, त्यास पाण्यांत कढविलें ह्मणजे त्यांतून जिलेटीन निघतें. ज्याप्रमाणें गव्हाच्या रोप्याच्या काष्ठांत सिलिका मिसळलेली असते, त्याप्रमाणें हाडांत या पदार्थाशीं मिसळलेला असा चुन्याच्या क्षारांचा फार अंश असतो. मांसांत अल्ब्युमन असून आणखी अल्ब्युमनासारखे दुसरे कांहीं पदार्थ असतात, त्यांस इंग्रजींत **फैब्रिन** आणि **सिंटोनिन** ह्मणतात.

कोणत्याही जिवंत पक्ष्याच्या शरीरांत हे पदार्थ पुष्कळ पाण्याशीं संयुक्त झालेले किंवा त्यांत विद्रुत झालेले किंवा पसरलेले असतात. पक्ष्याच्या शरीरांत व त्याच्या आंड्यांत दुसरे कित्येक घटक पदार्थ असतात; परंतु ते प्रस्तुतच्या विवेचनास फार महत्वाचे नसल्यामुळें सांगितले नाहींत, हें लक्षांत ठेविलें पाहिजे.

## ५८. गव्हाचा रोपा आणि पक्षी यांचे कित्येक घटक सारखे आहेत.

गव्हाच्या रोप्यामध्यें शिंग आणि जिलेटिन हे पदार्थ नसतात, आणि पक्ष्यामध्यें काष्ठतंतु आणि पिष्ट(स्टार्च) हे पदार्थ नसतात. परंतु वनस्पतींमधील अल्ब्युमन प्राण्यांमधील अल्ब्युमनासारखेंच बहुतेक असतें, आणि प्राण्यांमधील फैब्रिन आणि सिंटोनिन हे पदार्थ वनस्पतींमधील अल्ब्युमन आणि ग्लुटन यांसारखे फार आहेत.

यांपैकीं कोणत्याही पदार्थास सडकून उष्ण केलें किंवा त्यांस कुजूं दिलें तर त्या सर्वांपासून एकाच ज्ञातीचा दुर्गंध सुटतो. यावरून या सर्व पदार्थांमध्यें कांहीं निकट साम्य आहे,

हें उघड आहे. यांचें फार जपून पृथक्करण करण्यांत आलें आहे; त्यावरून **कार्बोन, हैड्रोजन, आक्सिजन** आणि **नैत्रोजन** हीं मूलतत्वें बहुतेक सारख्या प्रमाणांनीं संयोग पावून हे सर्व पदार्थ बनले आहेत, असें समजलें आहे. मूठभर धान्य किंवा पक्ष्याच्या मांसाचा तुकडा एका बंद भांड्यांत घालून हवेचा संपर्क होऊं न देतां त्यास कडक आंच दिली, तर त्याचा कोळसा होतो, आणि कोळसा हा कार्बोनाचाच एक अशुद्ध प्रकार आहे. उष्णता देण्याची क्रिया ज्या भांड्यांत करावयाची, त्यास एक वाहक नळी लावून तिजमधून निघणारी वाफ थंड ग्राहकांत धरून थिजविली, तर पाणी आणि आमोनिया हे पदार्थ कोणत्या तरी रूपानें ग्राहकांत जमतील. आतां आमोनिया हा पदार्थ नैत्रोजन आणि हैड्रोजन या मूलपदार्थांचा संयुक्तपदार्थ आहे. ह्मणून ज्या पदार्थापासून आमोनिया निघाला त्यांत नैत्रोजन आणि हैड्रोजन हे पदार्थ असले पाहिजेत हें स्पष्ट आहे. (क. ५०)

या जातीचे नैत्रोजनाचे संयुक्त पदार्थ गव्हाचा रोपा व पक्षी यांमध्यें फार प्रमाणानें असतात, यांत संशय नाहीं. यांस इंग्रजींत **प्रोटीड** हें पारिभाषिक नांव देतात.

**५९. प्रोटीड पदार्थ सृष्टींत प्राणी व वनस्पति यांमध्यें मात्र आढळतात; आणि प्राणी व वनस्पति यांमध्यें हे पदार्थ नेहमीं असतात.**

अल्ब्युमन, ग्लुटन, फैब्रिन, आणि सिंटोनिन हे व यांसारखे पदार्थ प्राणी व वनस्पति यांपासूनच तेवढे प्राप्त होतात इतकेंच नाहीं, तर प्राणी व वनस्पति जिवंत असतां सर्वदां प्रत्येकामध्यें यांपैकीं एक

१ बंद भांड्यांत आंच दिल्यानें तें हवेंतील आक्सिजनाशीं संयोग पावत नाहींत म्हणजे जळत नाहींत.

किंवा अधिक पदार्थ नेहमीं असतात. सजीव पदार्थांच्या घटनेंत दुसरे अनेक प्रकारचे भेद असतात. परंतु वरील गोष्टींत त्यांमध्यें नेहमीं साद्दश्य असतें. जसें कित्येक झाडांमध्यें स्टार्च नसतें, व काष्ठमय द्रव्यही नसतें, परतु कित्येक प्राण्यांत हे पदार्थ असतात. तसेंच पुष्कळ प्राण्यांत शिंगाचें द्रव्य मुळींच नसतें, व जिलेटिन देणारा पदार्थही नसतो. यास्तव प्राणी व वनस्पति या दोहोंचें अवश्य व पायाभूत घटक द्रव्य **प्रोटीड** हेंच दिसतें, व हें त्यांमध्यें नेहमीं पाण्याशीं संयुक्त झालेलें असतें. तथापि या द्रव्याशीं चरबी, स्टार्च आणि शर्करा हे पदार्थ जास्त कमी संयोग पावलेले असतात, असाही संभव आहे. तसेंच कांहीं खनिज पदार्थांचेही सूक्ष्म अंश त्यांमध्यें असतात. त्यांत **फास्फरस, लोखंड, चुना** आणि **पोट्याश** हे मुख्य होत.

यास्तव पाणी + प्रोटिड + चर्बी + स्टार्च + शर्करा + खनिज द्रव्य या घटनेचा एक पदार्थ सर्व प्राणी व वनस्पति यांमध्ये असतो, आणि हे सजीव असतां या पदार्थास **प्रोटोप्लाझम** हें नांव देतात.

## ६०. सजीव या शब्दाचा अर्थ काय ?

शेतांत गव्हाचा रोपा उभा असला ह्मणजे तो जिवत आहे, असें आपण ह्मणतों, व कोंबडा इकडे तिकडे फिरत असला ह्मणजेही त्यास जिवंत प्राणी ह्मणतो. गव्हाचा रोपा जमिनींतून उपटला किंवा कोंबड्याची मुंडी कापिली ह्मणजे ते दोन्ही लागलेच मरतात, आणि त्या **मृत** वस्तु होतात. परतु ज्या मूलतत्वांचे खनिज पदार्थ बनले आहेत, त्याच तत्वाचे कोंबडा व गव्हाचा रोपा हे पदार्थ बनले आहेत. मात्र यांत जे त्यांचे संयुक्त पदार्थ असतात, ते मात्र खनिजकोटींत नसतात, इतकाच कायतो भेद असतो. तर मग त्याच द्रव्यांना गव्हाचा रोपा

किंवा कोंबडें हीं रूपें धारण केलीं ह्मणजेच त्यांस **सजीव पदार्थ** असें कां ह्मणावें ?

**६१. ज्या पदार्थांचें जिवंत झाड बनलें आहे तसले पदार्थ आणखी त्यास मिळाल्यानें त्याचा आकार वाढतो; परंतु हे पदार्थ बाहेरून आयते न मिळतां साध्या द्रव्यांपासून झाडांतच नवीन बनतात.**

पेरणी झाल्यावर कांहीं दिवसांनीं लहान हिरवीं रोपें उगवतात; तीं रोपें अधिकाधिक उंच वाढत जाऊन शेवटीं आरंभीं होतीं त्याच्या कित्येकपटीनें मोटीं होतात. नंतर तीं फुलतात, आणि अखेरीस त्यांस कणसें येतात.

ही जी वाढण्याची क्रिया चालते, तीत आरंभीं नियमित आकार असून तो पुढें मोठा झाला आहे; ह्मणून या वाढीची मिठवण्यांत टाकलेल्या मिठाच्या खड्याच्या वाढीशीं तुलना करितां येईल. परंतु सूक्ष्म रीतीनें पाहिलें असतां रोप्याची वाढ स्फटिकाच्या वाढीपासून फार भिन्न आहे. कारण मिठाच्या स्फटिकावर बाहेरून मिठवण्यामधील मीठ बसून तो वाढतो. परंतु रोप्यास, अंतर्भागीं द्रव्यें मिळालीं ह्मणजे तो वाढतो. जमीन पाणी व हवा या तिहींपासून रोप्यास पोषक द्रव्यें मिळतात. परंतु रोप्याच्या घटनेंत अल्ब्युमन, ग्लुटन, स्टार्च, चरबी आणि काष्ठतंतु हे जे विशेष संयुक्त पदार्थ असतात, त्यांचा यत्किंचित् अंशही जमिनीमध्यें, पाण्यामध्यें, किंवा हवेमध्यें नसतो.

तथापि रोपा कांहीं नवीन वस्तु निर्माण करीत (कलम ५०) नाहीं. ह्मणून त्यामध्यें प्रोटीड, स्टार्च, शर्करा, चर्बी इत्यादि जे पदार्थ असतात, त्यांचीं घटक द्रव्यें त्यास मिळालीं पाहिजेत. तीं मिळाल्यावर रोप्याच्या अंतर्भागीं त्यांचे नव्या रीतीनें संयोग वियोग होऊन मात्र हे पदार्थ बनतात.

रोप्यामध्यें जे नवे पदार्थ उत्पन्न होतात, त्यांचीं मूळ द्रव्यें काय असतात, हें आपणास साधारण रीतीनें सहज पाहतां येईल. कारण जमीन आणि हवा यांपासून जीं द्रव्यें मिळतात, त्यांशिवाय दुसरीं कांहीं द्रव्यें रोप्यास मिळत नाहींत. हवेंत आक्सिजन, नैत्रोजन, थोडा कार्बानिक आसिड वायु, सूक्ष्म प्रमाणानें आमोनियाचे क्षार, आणि पाणी हे पदार्थ असतात. जमिनींत चिकणमाती, वाळू, चुना, लोखंड, पोव्याश, फास्फरस, गंधक, आमोनियाचे क्षार आणि दुसरीं कांहीं यांहूनही कमी महत्त्वाचीं द्रव्यें असतात. यावरून रोप्यामध्यें जे मूळ पदार्थ आपणास आढळतात, ते सर्व हवा व जमीन यांमध्यें असतात. परंतु रोप्यास यांचें पृथक्करण करून नव्या रीतीनें संयोग करावे लागतात. याशिवाय आणखी एक विशेष गोष्ट अशी असते कीं, जीं नवीं द्रव्यें मिळाल्यानें रोपा वाढतो, तीं द्रव्यें त्याच्या बाह्य पृष्ठभागावर न लागतां त्याच्या अंतर्भागीं बनतात, आणि जुन्या अणूंमध्यें नवे अणु पसरतात.

**६२. जिवंत रोपा मोठा झाल्यावर त्यास बीं येतें व त्या बियामध्यें तसलेंच झाड उत्पन्न करण्याची शक्ति असते.**

गव्हाचा दाणा हा गव्हाच्या रोप्याच्या फुलाचा एक भाग असतो. हा भाग जून झाला ह्मणजे त्यापासून बीं सहज वेगळें होतें. बियामध्यें सूक्ष्मरोपा असतो, आणि बीं पेरलें ह्मणजे तोच रोपा हळू हळू वाढून पूर्णदशेस येतो, आणि त्यास तेव्हां देंट, मुळ्या, पानें आणि फुलें असतात, आणि या फुलांपासून तसलेंच बीं निर्माण होतें. याप्रमाणें कोणत्याही खनिज पदार्थांत आकार व आकृति यांचे फेरफार नियमित क्रमानें कधीं घडत नाहींत, व ज्यामध्यें असे फेरफार होतील, असा त्याचा अंशही वेगळा होत नाहीं. खनिज पदार्थ असे वाढत ना-

हींत, त्यांस बीं किंवा अंकुर येत नाहीं, आणि त्यांजपासून त्याच जातीचे पदार्थ पुनः उत्पन्न होत नाहींत.

**६३. सजीव प्राण्याचें शरीर ज्या पदार्थांचें बनलें आहे, तसले पदार्थ त्यास मिळून तें आकारानें मोठें होतें; परंतु हे पदार्थ मुख्यत्वें वनस्पति व दुसरे प्राणी यांपासूनच साक्षात् मिळतात.**

कोंबडा परड्यांत इकडे तिकडे चोंची मारीत फिरत असतां केव्हां दाणा गिळतो, आणि केव्हां एखादी माशी किंवा किडा खातो. याप्रमाणें तो आपलें पोट भरीत असतो. जर त्यास अन्न मिळालें नाहीं तर तो लवकरच मरेल, हे सर्वांस माहीत आहे. एखाद्या शेताच्या जमिनींत कोंबड्यास सोडिलें, व तेथें त्यास पाणी व हवा खाण्यास विपुल मिळाली तरी त्यापासून फारसा उपयोग होत नाहीं, हीही गोष्ट सर्वांस माहीत आहे. या गोष्टींत कोंबडा दुसऱ्या प्राण्यांसारखाच आहे. त्यास आपल्या शरीरांतील प्रोटीड द्रव्यें बनविनां येत नाहींत; परंतु दुसरे प्राणी किंवा वनस्पति यांस गिळून हीं द्रव्यें त्यास आयतीं मिळवावीं लागतात; किंवा ज्यांत फार थोडा फेरफार करावा लागेल अशा स्थितींत तरी त्यास तीं मिळावीं लागतात. जीं प्राणिज किंवा उद्भिज्ज द्रव्यें तो गिळतो, तीं प्राण्याच्या पोटांत जातात. तीं तेथें जिरतात, किंवा विद्रुत होतात, आणि तेथून कोंबड्याच्या शरीराच्या सर्व भागीं पसरतात, आणि तेणेंकरून त्याचा जीव जगतो, व तो वाढतो.

**६४. जिवंत प्राणी वाढला म्हणजे तो आपल्यांतील कांहीं पदार्थ वेगळे टाकितो, किंवा अंडीं घालतो, आणि त्यापासूनच स्वजातीय प्राणी उत्पन्न होतात.**

कोंबडीच्या शरीरांत अंडें बनतें, आणि तें अंडें तिच्या

शरीराचाच एक भाग असून तें एका कठिण कवचांत घातलेलें असें बाहेर पडतें. त्यामध्यें कोंबड्याच्या आकृतीचें बीज असतें. त्यावर कोंबडीस बसवून किंवा दुसऱ्या रीतीनें योग्य ऊब देऊन त्यास सुमारें ३ आठवडे ठेविलें ह्मणजे त्यांतील पांढरा बील व पिवळा मगज हीं द्रव्यें रूपांतर पावून आंड्यांतील बीज वाढतें व त्याचें छोटें पिलूं होतें, आणि त्यासही ऊब दिली ह्मणजे त्याचें कोंबडें होतें. ह्मणून ज्या रीतीनें रोपा अंकुरापासून वाढतो, त्याच रीतीनें छोटा अंकूर वाढून व पक्क होऊन प्राणी उत्पन्न होतो. या गोष्टींत सर्व प्राणी व वनस्पति यांचें साम्य आहे. आणि या दोहोंची वाढ खनिजपदार्थांच्या वाढीपासून अगदीं भिन्न आहे.

**६५. मुख्य घटना, वाढ, आणि बीजापासून उत्पत्ति, या तीन गोष्टींत सजीव पदार्थ खनिज पदार्थांपासून भिन्न आहेत.**

याप्रमाणें खनिजपदार्थ आणि सजीव पदार्थ या दोहोंमध्यें फार मोठा भेद आहे. सजीव पदार्थांचीं व खनिज पदार्थांचीं मूलतत्त्वें एकच आहेत, आणि द्रव्य व गति यांचे मुख्य नियम दोहोंसही सारखे लागू आहेत. परंतु प्रत्येक सजीव पदार्थ ह्मणजे एक मोठें बिकट यंत्र आहे, व तें यंत्र विशेष अवस्थेंत मात्र चालतें, किंवा जिवंत राहतें. कोंबड्याच्या आंड्यांत जें बीज असतें, त्यापासून पिलाचें शरीर बनविण्यास नियमित उष्णमानाची ऊब मात्र द्यावी लागते. पाण्यास थिजण्याच्या बिंदूपर्यंत थंड केलें ह्मणजे पाण्याच्या अणूंपासून नियमित स्फटिक बनतात. ही क्रिया जितकी गूढ व विलक्षण आहे तितक्याच मानानें बीजापासून झाड उत्पन्न होणें, किंवा आंड्यांत पिलूं बनून बाहेर पडणें याही क्रिया गूढ व आश्चर्यकारक आहेत.

सजीव पदार्थांविषयीं जास्त माहिती करून घेणें झाल्यास **जीवशास्त्राचें** अध्ययन केलें पाहिजे. या शास्त्राचे दोन मोठे विभाग आहेत:—( १ ) **वनस्पतिशास्त्र;** यांत वनस्पतींविषयीं विवेचन असतें; आणि ( २ ) **प्राणिशास्त्र;** यांत प्राण्यांविषयीं विवेचन केलेलें असतें.

या विभागांपैकीं प्रत्येकाचे आणखी पोटविभाग आहेत:— ( १ ) **आकारशास्त्र,** यांत सजीव पदार्थांचे आकार, रचना आणि वाढ यांविषयीं विवेचन असतें; आणि ( २ ) **इंद्रियविज्ञानशास्त्र,** यांत इंद्रियांच्या क्रिया व कार्यें कशीं चालतात, याविषयीं विवेचन असतें.

## ( ३ ) अमूर्त किंवा अदेही पदार्थ.

### ६६. मानसिक क्रिया.

सर्व द्रव्यमय पदार्थ निर्जीव ह्मणजे खनिज किंवा सजीव असतात. जी प्रत्येक वस्तु कांहीं जागा व्यापिते, कांहीं प्रतिबंध करिते, गुरुत्वविशिष्ट असते, किंवा दुसऱ्यास गति देते, ती सृष्टीच्या या दोन मोठ्या विभागांपैकीं कोणत्या तरी एका विभागांतील असते. **ज्योतिषशास्त्र, खनिजशास्त्र, पदार्थविज्ञानशास्त्र** आणि **रसायनशास्त्र** यांमध्यें निर्जीव पदार्थांविषयीं निरूपण केलेलें असतें, आणि **जीवशास्त्र** किंवा त्याचे दोन विभाग **प्राणिशास्त्र** आणि **वनस्पतिशास्त्र** यांमध्यें सजीव पदार्थांविषयीं निरूपण केलेलें असतें. या यादींत सर्व सृष्टिज्ञानाचा समावेश होत नाहीं. या छोट्या पुस्तकाच्या अगदीं पहिल्याच कलमांत जड वस्तु किंवा द्रव्यमय पदार्थ आणि इंद्रियज्ञान या दोहोंमध्यें भेद करावा लागला. क्षणभर विचार केला असतां इंद्रियज्ञान हा द्रव्यमय पदार्थ नाहीं अशी खात्री होईल. वास कांहीं

जागा व्यापीत नाहीं, व त्यास वजन नाहीं. शेरभर किंवा एक घनफूट ध्वनि किंवा प्रकाश असें ह्मणणें ह्मणजे सकृद्दर्शनींच वेडेपणा दिसतो. सुख क्षणिक आहे, असें अलंकारिक भाषेंत ह्मणतात, परंतु सुख ही गतिविशिष्ट वस्तु आहे, अशी कल्पना करितां येणार नाहीं.

ज्यांस आपण **मनोविकार** ह्मणतों त्यांच्या आंगींही याप्रमाणे द्रव्यमय पदार्थांचीं कोणतींही लक्षणें नाहींत. उदाहरणार्थ प्रीति आणि द्वेष यांस आकार आहे, वजन आहे, किंवा चालकत्व आहे, अशी कल्पना सुद्धां क्षणभर मनांत आणवत नाहीं.* आणि जेव्हां आपण विचार करितों, तेव्हां आपल्या विचारांतही द्रव्यमय पदार्थांचा अमान्य अभाव असतो.

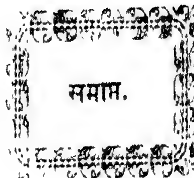
यास्तव इंद्रियज्ञान, मनोविकार आणि विचार या सृष्टक्रियांना एक निराळाच वर्ग कल्पिला पाहिजे. या क्रियांस **मानसिकक्रिया** हे नांव देतात.

### ६७. मानसिक क्रियांचा क्रम. चिच्छास्त्र.

द्रव्यविशिष्ट पदार्थांच्या क्रियांमध्यें जसा नियमित क्रम आढळतो, त्याचप्रमाणे मानसिकक्रियांमध्येंही आढळतो. पहिल्यामध्यें जशा अवचित किंवा आकस्मिक किंवा कारणरहित गोष्टी नसतात, त्याचप्रमाणें मानसिकक्रियांमध्येंही नसतात. द्रव्यविशिष्ट क्रियांमध्यें जसा कांहीं कार्यकारणभाव असतो, तसा मानसिकक्रियांमध्येंही असतो. उदाहरणार्थ आपल्या इंद्रियांवर कांहीं विशेष द्रव्यविशिष्ट पदार्थांचीं कार्ये घडल्यानेंच नेहमीं इंद्रियांस विशेष प्रकारचें ज्ञान होतें. सुय टोंचली असतां दुखतें, पिसें मऊ लागतात, खडू पांढरा दिसतो, इत्यादि मानसिकक्रिया कोणत्या क्रमानें घडतात, आणि मानसिकक्रिया व द्रव्यविशिष्ट-

क्रिया या दोहोंमध्यें कोणत्या प्रकारचा कार्यकारणभाव असतो, याविषयीं निरूपण **चिच्छास्त्रांत** केलेलें असतें.

सर्व सृष्टक्रिया मूर्त (द्रव्यविशिष्ट) किंवा अमूर्त (द्रव्यरहित), ह्मणजे भौतिक किंवा मानसिक असतात. सृष्टपदार्थांच्या या दोहों वर्गांपैकीं कोणत्यातरी एका वर्गांतील पदार्थांचें आणि त्यांमधील परस्परसंबंधाचें जें ज्ञान त्यासच शास्त्र हें नांव आहे. या व्यतिरिक्त जें ज्ञान त्याचा समावेश शास्त्रांत होत नाहीं.



## या पुस्तकांत ज्या शास्त्रीय इंग्रजी शब्दांस मराठी किंवा संस्कृत शब्द दिले आहेत त्यांचा कोश.

---

| पृ. | मराठी. | इंग्रजी. |
| --- | --- | --- |
| ५ | अकृत्रिम, स्वाभाविक किंवा सृष्ट पदार्थ. ... ... | Natural Objects. |
| ७७ | अणु. ... ... ... | A Molecule. |
| १५ | अनुमान. ... ... ... | Reasoning. |
| १५ | अवलोकन.... ... ... | Observation. |
| १०५ | अमूर्त किंवा अदेही पदार्थ. | Immaterial Objects |
| १८ | आकर्षानुमान ( विशेष परीक्षापूर्वक साधारण अनुमान)... | Induction. |
| ८ | आकस्मिक किंवा अचानक गोष्ट, अपघात... ... | Accident. |
| ३१ | आकारमान. ... ... | Volume. |
| १०५ | आकार शास्त्र. ... ... | Morphology. |
| ७२ | आंदोलक गति. ... ... | Vibratory Movement |
| १०५ | इंद्रिय विज्ञान शास्त्र. ... | Physiology. |
| २७ | उलट प्रमाण. ... ... | Inverse Proportion. |
| ८६ | ऊर्ध्व पातन. ... ... | Distillation. |
| ४७ | कर्तृत्वशक्ति ( कार्य विधायक सामर्थ्य. ) ... ... | Energy. |
| २ | कार्य आणि कारण.... ... | Cause & Effect. |
| ९६ | काष्ठतंतु, काष्ठमय द्रव्य ... | Cellulose. |
| १०५ | खनिज शास्त्र. ... ... | Minerology. |
| २६ | गुरुत्व. ... ... ... | Gravity. |
| ७१ | गुरुत्व शून्य. ... ... | Imponderable. |
| २६ | गुरुत्वाकर्षण. ... ... | Gravitation |

| पृ. | मराठी. | इंग्रजी. |
|---|---|---|
| ७५ | गृहीत कल्पना. ... ... | Hypothesis. |
| ४५ | चालकत्व. ... ... ... | momentum. |
| १०६ | चिच्छास्त्र. ... ... | Psychology. |
| ९० | चुनकळी. ... ... ... | Quick lime. |
| १९ | जडवस्तु किंवा द्रव्यमय वस्तु... | Material Objects. |
| १०५ | जीव शास्त्र. ... ... | Biology. |
| १८ | तर्कशास्त्र किंवा न्यायशास्त्र... | Logic. |
| ६८ | थिजलेला दहिंवर.... ... | Hoar Frost. |
| २४ | दट्या. ... ... ... | Piston. |
| ३३ | दार्ढ्य. ... ... ... | Density. |
| २३ | दु:संकोच्य... ... ... | Incompressible. |
| ८७ | द्रवण किंवा विक्लेदन. ... | Solution |
| ३३ | द्रव्य समुच्चय किंवा पिंड.... | Mass. |
| ५३ | नित्य व कायम. ... ... | Constant. |
| १८ | निष्पकर्षानुमान (साधारण परीक्षापूर्वक विशेष अनुमान). | Deduction. |
| ८० | परमाणु. ... ... ... | Atoms. |
| ८२ | परिमाण. ... ... ... | Quantity. |
| ४३ | पाण्याचा स्तभ. ... ... | Column of Water. |
| ७३ | पाण्याची रचना किंवा बनावट.... ... ... | Structure of Water. |
| २३० | पातळ पदार्थ. ... ... | A Liquid. |
| ९६ | पिष्ठ किंवा सत्व. ... ... | Starch. |
| ७९ | प्रतिसारक शक्ति.... ... | Repulsive Force. |
| १ | प्रत्यक्ष ज्ञान किंवा इंद्रियबोध. ... ... ... | Sensation. |
| २३ | प्रवाही पदार्थ. ... ... | A Fluid. |
| १०५ | प्राणि शास्त्र. ... ... | Zoology. |

| पृ. | मराठी. | इंग्रजी. |
|---|---|---|
| २८ | प्रेरणा किंवा जोर.... ... | Force. |
| १०७ | भौतिक. ... ... ... | Physical. |
| ७३ | महत्कारी भिंग. ... ... | Magnifying Glass. |
| ७४ | महत्कारी शक्ति. ... ... | Magnifying Power. |
| १०५ | मानसिक क्रिया.... ... | Mental Phenomena. |
| १०५ | वनस्पति शास्त्र. ... ... | Botany. |
| ५८ | वायु किंवा स्थितिस्थापक प्रवाही पदार्थ. ... ... | Gases or Elastic Fluids. |
| ८७ | विद्रुत करणें. ... ... | To Dissolve. |
| ३६ | विशिष्ट गुरुत्व. ... ... | Specific Gravity. |
| ८३ | साधें मिश्रण. ... ... | Simple Mixture. |
| ८ | सृष्टिक्रम. ... ... ... | Order of Nature. |
| २१ | सृष्टक्रिया. ... ... | Natural Phenomena. |
| १० | सृष्टीचे नियम. ... ... | Laws of Nature. |
| ६८ | स्फटिक. ... ... ... | Crystals. |
| ९४ | स्फटिक लेखन किंवा स्फटिक शास्त्र.... ... ... | Crystallography. |
| ६९ | स्फटिकीभवन. ... ... | Crystallization. |